

Aus den  
 Berichten der Commission für Tiefsee-  
 Forschungen XIV.

Tiefsee-Forschungen im Marmara-Meer auf S. M. Schiff  
 »Taurus« im Mai 1894

von

Dr. Konrad Natterer.

(Aus dem k. k. chemischen Universitäts-Laboratorium des Hofrathes Ad. Lieben  
 in Wien.)

(Mit 9 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Jänner 1896.)

Als das Expeditionsschiff »Taurus«, Commandant Herr Corvetten-Capitän (jetzt Fregatten-Capitän) E. v. Hermann, am 23. Mai 1894 den Hafen von Constantinopel verliess, waren Vorbereitungen getroffen worden, um während der Fahrt unmittelbar nach dem Schöpfen der Wasserproben und nach dem Emporholen der Grundproben die chemischen Untersuchungen so weit durchführen zu können, dass sich je nach ihren Ergebnissen die Auswahl der Orte für die folgenden Beobachtungsstationen und die eventuelle weitere Ausdehnung der Untersuchungen, zumal in zoologischer Beziehung vornehmen liess.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Seit 7. Juni 1894 erliegt in der Kanzlei der kais. Akademie der Wissenschaften eine Abschrift des officiellen Berichtes des Schiffcommandanten an die Marinesection des k. und k. Reichs-Kriegsministeriums, in welchem die Hauptergebnisse der Expedition angeführt sind.

Bei der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien sprach ich am 27. September 1894 in der Nachmittagssitzung der Section für Chemie über die chemischen Resultate der »Pola«-Expeditionen und machte im Anschluss daran Mittheilungen über die »Taurus«-Expedition. In gedrängter Kürze habe ich darüber im »Tagblatt« der Versammlung auf S. 405 f. berichtet.

### Über die Stellung des Marmara-Meer es anderen Meeren gegenüber.

Das kleine, aber tiefe Marmara-Meer bildet seiner geographischen Lage nach das Zwischenglied zwischen dem, einen Golf des östlichen Mittelmeeres darstellenden Ägäischen Meere und dem in mancher Beziehung einem Binnensee ähnlichen Schwarzen Meere.

Die Untersuchungen S. M. Schiffes »Pola« in den Sommermonaten der Jahre 1890—1893<sup>1</sup> haben für das ganze östliche Mittelmeer das Vorhandensein der Lebensbedingungen für Thiere, vor Allem die Gegenwart von Sauerstoff festgestellt und in der That auch durch viele Grund- und Schwebenetz-Operationen in allen Tiefen ein, wenn auch spärliches Thierleben nachgewiesen. In Bezug auf das Belebte sein auch der grössten Tiefen hat sich das östliche Mittelmeer — entgegen den in früheren Zeiten ausgesprochenen Vermuthungen — als mit dem freien Ocean übereinstimmend gezeigt. Diese Übereinstimmung ist auch in Bezug auf die Formen der die Tiefen belebenden Thiere vorhanden.

---

<sup>1</sup> Bisher erschienen:

In den Denkschriften Bd. LIX, LX und LXI drei Reihen der »Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres« (im Buchhandel selbstständig zu beziehende Collectivausgabe), umfassend: I. »Die Ausrüstung S. M. Schiffes »Pola« für Tiefsee-Untersuchungen«, beschrieben von dem Schiffscapitän, k. u. k. Fregatten-Capitän (jetzt Linienschiffs-Capitän) W. v. Mörth. — II., VIII. und XII. »Physikalische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer« von J. Luksch, bearbeitet von J. Luksch und J. Wolf. — III., IV., VII. und XI. Meine »Chemischen Untersuchungen im östlichen Mittelmeer.« — V. und VI. »Zoologische Ergebnisse« von E. v. Marenzeller. — IX. »Zoologische Ergebnisse« von C. Claus. — X. »Über einige in bedeutenden Tiefen gedrehte *Cylindrites*-ähnliche Körper und deren Verwandtschaft mit *Gyrolithes*« von Th. Fuchs. — Wien, 1892, 1893 und 1894; in Commission bei F. Tempsky, Buchhändler der kais. Akademie der Wissenschaften.

Meine vier chemischen Abhandlungen sind auch erschienen in den Monatsheften für Chemie Bd. 13, 873 und 897 (1892), Bd. 14, 624 (1893) und Bd. 15, 530 (1894).

Im Schwarzen Meere haben im Sommer 1890 die Untersuchungen des russischen Kriegsschiffes »Tschernomoretz«<sup>1</sup> Thatsachen ergeben, welche diesem Meere eine Ausnahmestellung unter allen Meeren der Erde zuweisen. Das Bemerkenswertheste ist, dass im grössten Theil seiner gewaltigen Wassermasse — weit mehr als die Hälfte dieses Meeres ist tiefer als 2000 *m* — jedes thierische Leben durch gelösten Schwefelwasserstoff unmöglich gemacht ist. Schon aus 137 *m* unter der Oberfläche des Schwarzen Meeres emporgeholtes Wasser wies den Geruch von Schwefelwasserstoff auf. Wasser aus 180 *m* Tiefe besass einen stärkeren Schwefelwasserstoffgehalt, von 360 *m* an war der Schwefelwasserstoffgehalt so gross, dass die Fischoperationen nur mehr negative Resultate geben konnten.

Diese so verschiedenen Zustände in den tieferen Lagen des Mittelmeeres und des Oceans einerseits und des Schwarzen Meeres anderseits sind ohne Zweifel auf eine verschiedene Art der Durchmischung in den beiderseitigen Wassermassen zurückzuführen.

Nur eine ausgiebige, von der Meeresoberfläche bis an den Meeresgrund reichende Durchmischung kann Sauerstoff, sei derselbe aus der Atmosphäre absorbirt oder in der obersten Wasserschicht von pflanzlichen Organismen producirt, in die Meerestiefen gelangen lassen.<sup>2</sup> Fehlt diese Durchmischung, so wird der im Wasser der Meerestiefen eventuell enthaltene freie Sauerstoff sehr bald bei der, mit oder ohne Vermittlung von Organismen vor sich gehenden Oxydation jener organischen Substanzen aufgebraucht sein, welche in Form von Pflanzen- und Thierresten fortwährend aus der in allen Meeren, auch

---

<sup>1</sup> Comptes rendus *III*, 930 (1890) und Petermann's Mittheilungen *37*, 33 (1891), zwei Aufsätze von Venukof und Woeikow über die von Spindler angestellten Beobachtungen.

Andrussow, Bulletins de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, 1892.

<sup>2</sup> Dass die Diffusion nicht im Stande ist, den Sauerstoffbedarf von Wasserthieren zu decken, beweisen die Versuche von Hoppe-Seyler und Duncan. Zeitschr. für physiologische Chemie, *17*, 147 (1892) und *19*, 411 (1894).

im Schwarzen Meere reichlich belebten obersten Wasserschicht zu Boden sinken. Wenn dann der freie Sauerstoff verbraucht ist, kann die Oxydation der zu Boden sinkenden organischen Substanzen allerdings noch weiter vor sich gehen, jedoch nur auf Kosten des gebundenen Sauerstoffes der im Meerwasser enthaltenen schwefelsauren Salze.

Bei dieser letzteren, eben in den Tiefen des Schwarzen Meeres stattfindenden Art der Oxydation muss es zur Bildung von Schwefelmetallen kommen. Die gebildeten Schwefelmetalle der Alkalien und alkalischen Erden werden durch die gleichzeitig, als Oxydationsproduct des Kohlenstoffes der organischen Substanzen auftretende Kohlensäure mehr oder weniger vollständig in kohlen saure Salze und Schwefelwasserstoff zerlegt. Diese zur Schwefelwasserstoffbildung führende Abspaltung der Sauerstoffatome aus den Molekülen der schwefelsauren Salze und diese Anlagerung derselben Sauerstoffatome an die Moleküle und Atome der organischen Substanzen wird höchst wahrscheinlich durch Mikroorganismen (Bakterien) veranlasst.

Was nun die Ursachen der Durchmischung der gesamten Wassermassen in den Ozeanen und im Mittelländischen Meere und die der Nichtdurchmischung der Wassermasse des Schwarzen Meeres betrifft, so können dieselben mannigfacher Art sein.

Während der kalten Jahreszeit kommt vor Allem die durch Erkaltung bewirkte Zusammenziehung und Dichtevermehrung des Oberflächenwassers in Betracht. Wird wegen Erkaltung das Oberflächenwasser eines Meeresgebietes schwerer, als das darunter befindliche Wasser ist, so sinkt das erstere hinab, dabei Tiefenwasser vor sich herschiebend. Der dadurch eingeleitete Bewegungsvorgang wird ein seitliches Zuströmen von Oberflächenwasser, sowie ein Aufsteigen des weggeschobenen Tiefenwassers in sich schliessen und kann eine von den Grenzen der einzelnen bewegten Wassermassen ausgehende Durchmischung der gesamten Wassermasse zur Folge haben. Die Kraft, welche diesen Bewegungsvorgang einleitet, ist an sich gering, da schon ein unbedeutendes Überwiegen des spezifischen Gewichtes das Oberflächenwasser zwingt, in die Tiefe

zu sinken. Es kann also zu einer Kraftansammlung nicht kommen. Dementsprechend werden auch die durch diese Kraft veranlassten Bewegungen nur äusserst langsam vor sich gehen, wie denn auch ein Zusammenhang zwischen ihnen und den oberflächlichen Meeresströmungen nicht als nothwendig betrachtet wird.

Die weite Ausdehnung der Wasserflächen, von welchen aus durch Erkaltung eine Verticalcirculation von Wassermassen veranlasst oder unterstützt wird, kann trotz der Langsamkeit dieser Circulation zu erheblichen Resultaten führen.

In den Oceanen kommt noch dazu, dass im Vergleich zu der Ausdehnung dieser Wasserflächen die Tiefenerstreckung der Wassermassen nur äusserst klein ist. Eine weitere Unterstützung findet die durch Erkalten und Hinabsinken von Oberflächenwasser eingeleitete Verticalcirculation in dem Umstand, dass das Meerwasser in viel höherem Grade unter der Einwirkung strenger Kälte seine Dichtigkeit vermehren kann, als das Süsswasser. Meerwasser gefriert je nach dem Salzgehalt erst bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}$  C. und wird bei Erkaltung bis zu dieser Temperatur specifisch schwerer, im Gegensatz zu Süsswasser, welches seine grösste Dichtigkeit bei  $+4^{\circ}$  C. besitzt und bei dem weiteren Erkalten bis zum Gefrierpunkt von  $0^{\circ}$  C. wieder leichter wird.

Im Ocean äussert sich das Bestehen einer solchen Verticalcirculation am auffallendsten in der Thatsache, dass sich in allen seinen Tiefen, auch unter dem Äquator eiskaltes Wasser, von den Polargegenden stammend, befindet. Wesentlich dürfte sein, dass an den Polen das kalte Wasser hinabsinkt, am Meeresgrund dem Äquator zufliesst, dort emporsteigt, dann erwärmt wird und als Oberflächenwasser wieder zu den Polen gelangt, wo die Verticalcirculation von Neuem beginnt. Kleine Unregelmässigkeiten der Kältevertheilung im Tiefenwasser, so bezüglich Richtung und Ausmass der  $0-3^{\circ}$  betragenden Temperatursteigerungen von den Polen aus, lassen erkennen, dass für das Erhaltenbleiben der kalten Hydrosphäre unserer Erde das den Nordpol umgebende Meer Geringeres leistet, als das Meer um den Südpol. Während das antarktische Meer mit den südlichen Oceanen unmittelbar zusammenhängt, ist das ark-

tische Meer durch die langgestreckten Nordseiten der nördlichen Continente eingeengt. Dazu kommt, wie Woeikow hervorhob, dass ein Unterschied in Bezug auf die Abgabe von stark erkaltetem Oberflächenwasser an die Meerestiefen schon in den beiderseitigen Polarmeeren selbst insoferne besteht, als das Oberflächenwasser des Meeres um den Südpol viel mehr befähigt ist, durch Erkaltung zum Untersinken gebracht zu werden, als das Oberflächenwasser des Meeres um den Nordpol. Es entfällt dort die hier, besonders im Norden von Asien stattfindende Verdünnung des Oberflächenwassers durch einmündende Flüsse und Ströme. Weil ferner in dem antarktischen Meere, und um dasselbe, kleinere Festländer und Inseln vorhanden sind, wird um den Südpol auch der Bildung einer Eisdecke, welche das darunter befindliche Wasser vor weiterer Erkaltung schützt, in geringerem Grade Vorschub geleistet als um den Nordpol. Eine Eisdecke entsteht ja ungleich leichter an den Küsten als im offenen Meere, und zwar wegen des Abstürzens der Gletscherenden, sowie wegen des schnelleren Zufrierens von seichten Gewässern und besonders von Buchten. Zu diesem schnelleren Zufrieren tragen das durch die Verdünnung mit Süßwasser bewirkte Obenbleiben des Oberflächenwassers und das durch die reichlichere Wärmeabstrahlung des nahen Landes bedingte rasche Erkalten der Luft über dem Küstenwasser das Ihrige bei. Das antarktische Meer ist also vorzugsweise zur Abgabe von sehr kaltem Wasser an die Meerestiefen, das arktische Meer vorzugsweise zur Abgabe von Eismassen an die Oberflächenströmungen geeignet.

So gewiss der polare Ursprung der kalten unteren Wasserschichten in allen Weltmeeren ist, so zweifelhaft ist es, ob der höchstwahrscheinlich nur sehr langsame Verlauf jener, durch das Hinabsinken von erkaltetem Oberflächenwasser veranlassten Verticalcirculation allein im Stande wäre, das polare Wasser am Meeresgrunde rasch genug bis unter den Äquator zu schieben, um einer beträchtlichen Erwärmung dieses Wassers, sei es durch Wärmeaufnahme aus dem Erdkörper, sei es wegen Übertragung von Sonnenwärme durch Vermittlung der oberen Oceanschichten, vorzubeugen.

Das nur durch die, ca. 300 *m* tiefe Strasse von Gibraltar (und durch den, in oceanographischer Beziehung fast gar nicht in Betracht kommenden künstlichen Canal von Suez) mit dem Ocean zusammenhängende Mittelländische Meer ist dem Einfluss der kalten unterseeischen Polarströmung ganz entzogen.

Es scheint nun ein weiterer Beweis für die nachhaltige Wirkung der durch die Erkaltung des Oberflächenwassers veranlassten Durchmischung der Meere zu sein, dass in den Tiefen des Mittelländischen Meeres von ca. 300 *m* Tiefe bis zur Maximaltiefe von 4400 *m* beständig die mittlere Winter-Temperatur der Mittelmeerländer (13—14° C.) herrscht. Im Winter ist die Temperatur aller Wasserschichten die gleiche, im Sommer nehmen nur die oberen Wasserschichten eine höhere Temperatur an. Offenbar ist im Sommer die Wärmeausdehnung des Oberflächenwassers und die dadurch bewirkte Verringerung der Dichte in der Regel bedeutender, als die durch Verdunstung bewirkte Vermehrung der Dichte. Also nur die Winterkälte und nicht auch die Sommerhitze vermag sich (wegen unmittelbaren Untersinkens oder wegen mechanischer Hinabförderung von schwerer gewordenem Oberflächenwasser) bis zum Meeresgrunde auszubreiten, sonst müsste in den Tiefen des Mittelmeeres die mittlere Jahres-Temperatur und nicht die mittlere Winter-Temperatur herrschen.

Für das Leben des Meeres ist die durch Erkaltung des Oberflächenwassers veranlasste oder eingeleitete Vertical-circulation der Oeane und der Mittelmeere zudem noch insofern wichtig, als durch sie in besonders hohem Masse Sauerstoff dem Tiefenwasser zugeführt wird, entsprechend dem bei niedriger Temperatur erhöhten Vermögen des Oberflächenwassers, Sauerstoff aus der Atmosphäre zu absorbiren, oder im Meere selbst producirten Sauerstoff an dem Entweichen in die Atmosphäre zu hindern.

Es kann also als sicher gelten, dass durch Erkalten von Oberflächenwasser eine Durchmischung der (in ihren übereinander gelagerten Schichten im Allgemeinen nur ganz geringe Dichteunterschiede aufweisenden) Wassermassen der Oeane und des Mittelmeeres bewirkt oder wenigstens unterstützt wird.

Es ist aber zweifelhaft, ob diese Art der Durchmischung genügen würde, die thatsächlich fast überall bestehende Constanz der chemischen Zusammensetzung dieser Wassermassen aufrecht zu erhalten, zumal im Mittelländischen Meere, wo sie nur während der Wintermonate stattfindet.

Buchanan hatte bald nach seiner Rückkehr von der »Challenger«-Expedition (1873—1876) auf Grund einer Anzahl von Sauerstoffbestimmungen es als wahrscheinlich hingestellt, dass in den warmen Theilen der Oeane der Sauerstoffgehalt unter der Meeresoberfläche abnehme, jedoch nur bis gegen 1500 *m* Tiefe, von wo an wieder eine Zunahme des Sauerstoffgehaltes stattfände. Dies würde mit dem Alleinbestehen oder Vorwalten obiger Verticalcirculation vereinbar sein unter der Annahme, dass die Zone sauerstoffarmen Wassers mit jener identisch ist, welche, als Zwischenschicht der von den Polen über dem Meeresgrunde und der vom Äquator unter der Meeresoberfläche ausgehenden beiden horizontalen Wasserströmungen, der Bewegung mehr oder weniger vollständig entbehrt. Das thierische Leben daselbst und die von Oxydation begleitete Verwesung der aus der obersten Oceanschicht durch diese Zone niedersinkenden Thier- und Pflanzenreste könnten in diesem relativ stille stehenden Wasser, dem die Beimischung von sauerstoffhaltigem Wasser mangelte, den Sauerstoffgehalt herabgedrückt haben.

Dass sich ein besonders sauerstoffarmes Wasser nur ausnahmsweise in gegen 1500 *m* Tiefe vorfindet, und dass man also durchaus nicht berechtigt ist, bei den Oceanen an eine weite Erstreckung einer sauerstoffarmen, stagnirenden Wasserzone in gegen 1500 *m* Tiefe zu denken, ergab sich, als die Analyse sämmtlicher, während der »Challenger«-Expedition durch Auskochen der frischgeschöpften Meerwasserproben erhaltenen, in zugeschmolzenen Glasröhren heimgebrachten Luftmengen durchgeführt war. Es zeigte sich, dass keine einfache Beziehung zwischen dem Mindergehalt an Sauerstoff und der Meerestiefe besteht. Selten kommen halbwegs nennenswerthe Mindergehalte nahe der Oberfläche (in 100 *m* Tiefe) vor. In grossen Tiefen tritt oft Wasser von fast demselben hohen Sauerstoffgehalt auf, wie er dem Oberflächenwasser kalter

Meere eigen ist. Der im Vergleich zum Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers warmer Meere fast immer nur gering verminderte Sauerstoffgehalt der unter 100 *m* Tiefe befindlichen Wasserschichten ist an keine bestimmte Tiefe gebunden, sondern vertheilt sich — scheinbar ganz unregelmässig — auf alle diese Wasserschichten. Besonders hervorzuheben ist dabei noch, dass in der Regel auch das knapp über dem Meeresgrunde befindliche Wasser weder in Bezug auf den Sauerstoffgehalt noch in seiner sonstigen chemischen Zusammensetzung eine Sonderstellung einnimmt.<sup>1</sup>

Es ist wohl von vornherein zu erwarten und nach dem bisher Gesagten als wahrscheinlich hinzustellen, dass die Bewegungen des oceanischen Wassers, welche ein System mannigfaltiger, als Kreisläufe auftretender Strömungen darstellen, ein Ergebniss vielfacher Kraftäusserungen sind.

Das Oberflächenwasser des Meeres kann wegen seines Salzgehaltes sowohl durch Erkaltung, als auch durch Verdunstung schwerer werden und dadurch Anlass geben zu verticalen Kreisläufen.

Ein durch irgend welche Ursache bedingtes horizontales Aneinandergerathen oder Nahekommen von Wassermassen verschiedenen specifischen Gewichtes wird ein horizontales, mehr oder weniger nach abwärts gerichtetes Einströmen des schwereren Wassers in das leichte und gleichzeitig ein oberflächliches Hinüberfließen des leichten Wassers über das schwere Wasser veranlassen.

Ganz ausnahmsweise, so in der Nähe karstartiger Gebirge, welche atmosphärisches Sickerwasser oder Flusswasser zwingen, unter dem Meere aufzuquellen, kann vom Meeresgrunde der Impuls zu verticalen Strömungen ausgehen. In keiner Weise bemerkbar, weil zu geringfügig, werden in der Regel die durch Erwärmung des Wassers vom Meeresgrunde aus (sei es Über-

---

<sup>1</sup> Voyage of H. M. S. »Challenger«, Physics and Chemistry I, 139—196 (1884), London.

In der oceanographischen und zoologischen Literatur ist die zuerst ausgesprochene Vermuthung Buchanan's, dass in relativ geringer Tiefe der warmen Oeane eine sauerstoffarme Zone bestehe, als bestimmte Angabe bis heute erhalten geblieben.

tragung von »Erdwärme« oder Übertragung von Oxydations- und Umsetzungswärme) veranlassten, zunächst aufsteigenden Wasserbewegungen sein, ebensowenig wie die bei langsamen Fällungen von festen Körpern aus klarem Meerwasser, z. B. bei der Bildung von Korallenbänken, stattfindende Verringerung des specifischen Gewichtes des Bodenwassers zu merkbarern Strömungen führen kann. — Ganz local, nämlich in der Nähe von Vulcanen, und fast alle Vulcane befinden sich in der Nähe des Meeres, kann durch Erwärmung des knapp über dem Meeresgrunde befindlichen Wassers eine Wasserbewegung eingeleitet werden.

Eine verticale Circulation des Wassers von der Meeresoberfläche aus, kann auch abgesehen von Erkaltung und Verdunstung durch die mechanische Kraft der Stürme oder der lange in derselben Richtung blasenden Winde veranlasst werden, und zwar durch den sogenannten Windstau. Besonders in der Nähe des Festlandes kann durch die Übertragung des horizontalen Bewegungsmomentes von der Atmosphäre auf die oberste Schicht der Hydrosphäre eine derart rasche Wegführung von Oberflächenwasser bewirkt werden, dass der für das hydrostatische Gleichgewicht nothwendige Ersatz nicht von horizontal benachbartem Meerwasser, wohl aber von vertical benachbartem Meerwasser geliefert wird, d. h. dass Tiefenwasser zum Aufsteigen kommt. Diesem Auftrieb- oder, wie es auch genannt wird, Erstattungs-Wasser wird gerade jetzt eine grosse Rolle zugeschrieben. Solange die wegschiebende Kraft der unteren Atmosphärenschicht — und diese Kraft wird in der Regel nur gering sein, da die Hauptarbeit des Windes in der Wellenerregung besteht, so dass es nur selten zu einer raschen Wegschiebung des Oberflächenwassers kommen wird, — vorhanden ist, muss ein dauernder Ersatz des bereits weggeschobenen Oberflächenwassers eigentlich nicht nothwendig eintreten, da ein dynamischer Gleichgewichtszustand bestehen kann. Hat der Wind aufgehört, dann strömt, wie der Seefahrer sagt, das aufgestaute Wasser wieder zurück. Nur bei sehr starker, lange andauernder und über weite Meeresgebiete sich erstreckender Windesthätigkeit werden die Wassermassen eines Theiles der Meeresoberfläche soweit weggeschoben, dass nach

dem Aufhören des Windes ein Zurückfliessen des weggeschobenen Wassers nicht möglich ist, und dass während des Windes immer wieder neue Wassermassen von demselben Theile der Meeresoberfläche horizontal weggeführt werden können. Jedoch auch in diesem Falle kann von einer weit in die Tiefe reichenden Verticalbewegung nicht die Rede sein. Denn das durch Windstau zur raschen horizontalen Fortbewegung gebrachte Oberflächenwasser bringt zunächst immer nur das unmittelbar unter der Oberfläche befindlich gewesene Wasser zum Vorschein. Auch wenn der Vorgang lange gedauert hat, braucht das zuletzt an der Oberfläche befindliche Wasser nicht aus grosser Tiefe zu stammen.

Alle bisher in Betracht gezogenen Bewegungsformen des Meerwassers nehmen ihren Ausgang von der Oberfläche oder von dem Grunde des Meeres. Wenn in Wirklichkeit bloss diese bestehen würden, so wäre doch jene Constanz der chemischen Zusammensetzung des Wassers aller Oceanschichten schwer verständlich. Offen ist andererseits auch noch die Frage, durch welche Kraft das polare Wasser rasch genug in die äquatorialen Gegenden geführt wird, um sich nicht von der Meeresoberfläche aus bis an den Grund erheblich zu erwärmen.

In den Tiefen der Oeane fanden sich stellenweise Wassermassen von sehr verschiedenem Sauerstoffgehalt und von verschiedener Temperatur knapp neben einander. Würde das Tiefenwasser stille stehen, oder fast stille stehen, dann könnte eine beschränkte Wassermenge nicht von der Meeresoberfläche bis in grosse Tiefen hinabsinken, ohne wegen des Widerstandes des zu verdrängenden Wassers eine rasche Zertheilung und mithin eine rasche Durchmischung mit dem ruhigen Wasser zu erfahren. Ein ausnahmsweise rasches Hinabsinken kann durch besonders rasches Erkalten von Oberflächenwasser veranlasst werden und in diesem Falle entweder direct nach unten oder dorthin, wohin das hinabsinkende kalte Wasser durch eine eventuell vorhandene horizontale Bewegung getragen wird, ein besonders sauerstoffreiches Wasser in die Tiefen bringen. Oder es kann durch intensive Sonnenwärme zuerst längere Zeit, sei dies nun die heisse Tageszeit oder die heisse Jahreszeit, ein Meerwasser an der Oberfläche dadurch festgehalten werden,

dass die durch die Verdunstung bewirkte Zunahme des specifischen Gewichtes von der durch die Erwärmung bewirkten Ausdehnung übertroffen wird; dann jedoch, wenn dieses Oberflächenwasser seinen Wärmevorrath der Luft wieder zurückerstattet oder durch Ausstrahlung verloren hat, wird es dem ihm vermöge seines hohen specifischen Gewichtes eigenen Bestreben unterzusinken Folge leisten. Ebenso wie bei dem wegen Erkaltung untersinkenden Wasser wird auch bei diesem wegen Verdunstung untersinkenden Wasser die Richtung des Untersinkens und die Schnelligkeit der Durchmischung von dem Bewegungszustand der darunter befindlichen Wassermassen abhängen. Sind diese Wassermassen in horizontaler Bewegung begriffen, dann werden sie einer Zertheilung des untersinkenden Wassers dadurch entgegenarbeiten, dass sie vorwärts schiebend wirken, das schwere Wasser am Niederfallen hindern, was bald den beiden in Bewegung befindlichen benachbarten Wassermassen dasselbe Bewegungsmoment zuertheilen, und ihnen damit das Bestreben sich zu durchmischen benehmen wird.

Eine horizontale Vorwärtsbewegung des Tiefenwassers würde dort, wo sich ihr unterseeische Abhänge von Festländern, von Inseln oder von Untiefen entgegenstellen, ein Auflaufen von Tiefenwasser, d. h. ein Heraufgedrücktwerden durch das nachdrängende Tiefenwasser zur Folge haben. Auf die Möglichkeit einer solchen Erklärung des an vielen Stellen des Oceans, selbst in' äquatorialen Gegenden, an Küsten und in der Nähe von Untiefen sich vorfindenden sehr kalten Wassers hatten schon Benjamin Franklin und Arago hingewiesen.<sup>1</sup>

Heute hat die Annahme einer vorwiegend horizontal verlaufenden Bewegung des Tiefenwassers, welcher die Haupt-

---

<sup>1</sup> In zwei Broschüren hat in den Jahren 1790 und 1792 J. Williams den Seefahrern empfohlen, auf die Nähe von Untiefen unter Anwendung des Thermometers zu prüfen. Man weiss jetzt, dass ein Zusammenfallen von niedriger Temperatur der obersten Wasserschicht und von Festlands- oder Untiefennähe häufig, jedoch durchaus nicht immer vorkommt. Unter Beibehaltung der Annahme eines Hinaufgeschobenwerdens von Tiefenwasser an unterseeischen Abhängen, muss es eben von der Lage dieser Abhänge in Bezug auf die Bewegungsrichtung des Tiefenwassers abhängen, ob ein Aufsteigen von Tiefenwasser überhaupt möglich ist.

rolle bei dem Transport der polaren Wassermassen zum Äquator zufällt, nur wenige Gegner. Den bewegten Wassermassen der Meere muss ebenso wie denen der Flüsse und wie den bewegten Luftmassen der Atmosphäre, das durch die Rotation der Erde veranlasste Bestreben seitwärts, auf der nördlichen Hälfte der Erde nach rechts, auf der südlichen nach links, zu drängen innewohnen.

Eine solche horizontale Bewegung des Tiefenwassers oder besser gesagt, der Gesamtmassen der Meere könnte als Begleiterscheinung von Ebbe und Fluth unter dem Einfluss der horizontalen Componenten der Anziehung von Sonne und Mond zu Stande kommen. Heinrich Hertz<sup>1</sup> hat einen Weg angegeben, continuirliche Strömungen aus der flutherregenden Wirkung der Gestirne abzuleiten. Wegen der Unsicherheit der in die Formeln einzusetzenden Constanten sind Schlüsse auf die Schnelligkeit dieser Strömungen nicht möglich.<sup>2</sup>

Von grösster Bedeutung muss es sein, dass sich jedwede horizontale Bewegung des Oberflächenwassers, wie Zöppritz dargelegt hat, wenn sie nur genügend lange anhält, nach und nach in Folge der inneren Reibung des Wassers bis in die grössten Tiefen fortpflanzen kann. Es muss dies zu einer ständigen Bewegungsform des Tiefenwassers führen, welche Bewegungsform späterhin nicht mehr immer und überall mit der des Oberflächenwassers übereinzustimmen braucht. Es wird eben in der Tiefe unter fortwährendem Ausgleich der verschieden gerichteten und verschieden starken Strömungen des Oberflächenwassers der mittlere Bewegungszustand erhalten bleiben. Unter dem Einfluss der Oberflächenbewegung wäre ein 4000 *m* tiefer Ocean, der früher in völliger Ruhe war, nach 100.000 Jahren dem stationären Bewegungszustand schon ziemlich nahe, nach 200.000 Jahren würde derselbe fast vollkommen erreicht sein. Die Geschwindigkeit dieses stationären Bewegungszustandes wird nur von der Meerestiefe abhängen. In der Wassermasse selbst wird die Geschwindigkeit mit der

---

<sup>1</sup> Verhandl. d. physik. Gesellsch. in Berlin, 1883, S. 2.

<sup>2</sup> Krümmel in v. Boguslawski und Krümmel, Handbuch der Oceanographie II. 333, Stuttgart 1887.

Tiefe nach einer arithmetischen Progression abnehmen, bis sie am Boden wegen des »Anhaftens« des Wassers an demselben dem Werthe Null nahe kommt, oder denselben erreicht.

Sowie man heutzutage, in Anlehnung an die Ansichten erfahrener Seeleute, die Oberflächenströmungen in erster Linie den durch die Bewegungen der Atmosphäre, vor Allem der Passatwinde bewirkten Wasserstauungen (Driftbewegungen des Oberflächenwassers) zuschreibt, wird man also auch die jetzt vorhandenen ständigen Bewegungsformen der gesamten Wassermassen der Meere als ein Ergebniss dieser Winddriften anzunehmen haben.

Ausser dieser Kraftübertragung aus der bewegten Luft auf das darunter befindliche Meer kommen aber gewiss auch alle oben angeführten Kraftäusserungen beim Entstehen der so ungemein verwickelten Meeresströmungen zur Geltung. So die durch das Hinabsinken von erkaltetem Oberflächenwasser an den Polen im grossartigsten Massstab eingeleitete, jedoch jedenfalls nur ein sehr langsames horizontales Ab- respective Zufließen von Wasser zur Folge habende verticale Wassercirculation. Ferner die durch das stete Vorwärtsschreiten der Fluthwelle angeregte locale Verschiebung der Wassertheilchen, welche zu einer ständigen, vorwiegend horizontal verlaufenden Bewegungsform führen kann, deren Richtung ebenfalls durch die Erdrotation beeinflusst wird. An einigen Stellen des Meeres wird das Bewegungsmoment, das Flüsse und Ströme, als Folge ihres Gefälles auf dem Festlande, bei ihrem Einmünden in das Meer mitbringen, dem von ihnen getroffenen Meerwasser zuertheilt. Ebenfalls nur an einigen Stellen werden sich Bewegungsvorgänge einstellen, wenn specifisch verschieden schwere Massen von Meerwasser in horizontale Nachbarschaft gerathen, oder in eine solche, bei der sich schweres Wasser über leichtem Wasser befindet.

Kann auf so mannigfaltige Weise die Gesamtmasse der Meere in Bewegung versetzt werden, so wird das schliessliche Resultat noch ganz besonders, vielleicht in allergrösster Masse von der Gestaltung des Meeresgrundes abhängen, und zwar sowohl in Bezug auf die Richtung, als auch in Bezug auf die Schnelligkeit der Bewegung. —

Einfacher als in den Oceanen liegen in Bezug auf die strömende Bewegung des Wassers die Verhältnisse beim Mitteländischen Meere.

Aus rein chemischen Gründen bin ich zu dem Schlusse gelangt,<sup>1</sup> dass die Gesamtmasse des Mittelmeerwassers in eben derselben kreisenden Bewegung begriffen ist, wie es von altersher, wenigstens für einige Strecken, von dem Oberflächenwasser bekannt ist. Die Bewegung verläuft in dem Sinne, dass für einen am Gestade des Mittelmeeres auf das Meer Sehenden das Wasser von links nach rechts fließt.

Von besonderer Wichtigkeit haben sich für die Erkenntniss der Wasserbewegung im östlichen Mittelmeer zwei Thatfachen erwiesen. Einerseits die an der afrikanischen Küste, im Westen von den Nilmündungen, in der obersten Wasserschicht, wahrscheinlich durch Vermittlung von kleinen Algen, in besonders starkem Masse stattfindende Wegnahme von Brom und Jod aus dem Meerwasser. Andererseits das in der Regel beobachtete, wahrscheinlich durch die reducirende Thätigkeit pflanzlicher Organismen veranlasste, Fehlen der salpeterigen Säure in der obersten Schicht des Meerwassers.

In dem Gebiet zwischen dem Nildelta und Kleinasien, sowie im Ägäischen Meere, sind einzelne Theile des Meerwassers, und zwar in den verschiedensten Tiefen in Bezug auf ihr vorausgegangenes Vorüberziehen längs der afrikanischen Küste westlich von den Nilmündungen durch ihren geringen Bromgehalt gekennzeichnet. Ebendort weisen einzelne Theile des Meeresgrundes durch ihren Jodgehalt darauf hin, dass sich daselbst jodhaltige todte Algen, von der afrikanischen Küste stammend und durch die Strömung weiter getragen, zu Boden gesetzt haben.

An jenen Stellen des östlichen Mittelmeeres, an welchen ausnahmsweise in der obersten Wasserschicht salpeterige Säure gefunden wurde, und zwar im Maximum ebensoviel wie sonst nur im Tiefenwasser, findet offenbar ein Emporgedrücktwerden von Tiefenwasser durch nachrückende Wassermassen

---

<sup>1</sup> Siehe meine beiden letzten Abhandlungen über die Expeditionen S. M. Schiffes »Pola«.

statt. Dort, wo ausnahmsweise das Tiefenwasser ebenso, oder fast ebenso frei von salpeteriger Säure gefunden wurde, wie sonst das Wasser der obersten Meeresschicht, werden offenbar durch steten Wechsel auf- und absteigender Wasserbewegungen nach und nach alle Wassertheile nahe der Meeresoberfläche gebracht und daselbst ihres Gehaltes an salpeteriger Säure beraubt.

In dem weiten, sehr tiefen und zwar ziemlich gleichmässig tiefen Gebiet des Mittelmeeres zwischen Egypten, Syrien und Kleinasien ist eine fast ausschliesslich horizontale Vorwärtsbewegung der übereinander gelagerten Wasserschichten zu erwarten. Dadurch müssen die Wassermassen der unteren Schichten längere Zeit vor einem Emporgedrücktwerden und vor der Berührung mit der Atmosphäre bewahrt bleiben. Diesem Umstand ist es jedenfalls zuzuschreiben, dass am unterseeischen Abhang der syrischen Küste die geringsten Werthe für den Sauerstoffgehalt des Wassers im ganzen östlichen Mittelmeere gefunden wurden. Diese geringsten Werthe sind übrigens nur um circa ein Fünftel kleiner, als diejenigen Werthe, welche den Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers im östlichen Mittelmeere während der Sommermonate anzeigen.

Es wurde schon gesagt, dass ein durch Verdunstung schwerer gewordenenes Oberflächenwasser im stillestehenden und im horizontal sich vorwärts bewegenden Tiefenwasser verschieden untersinken, beziehungsweise sich vermischen muss. In dem östlichsten Theile des Mittelmeeres, dessen Wasserschichten durch eine gleichmässig horizontale Wasserbewegung charakterisirt sind, wurden in der Tiefe bromarme Wassermassen und Wassermassen von normalem Bromgehalt sehr nahe neben einander gefunden. Und zwar traten derart in Bezug auf ihre Herkunft unterschiedene Wässer neben und unter einander auf. Das während des Vorüberziehens längs der afrikanischen Küste stark erwärmte und durch Verdunstung schwerer gewordene Oberflächenwasser wird offenbar während des Untersinkens vom Tiefenwasser vorwärts geschoben. Jedoch auch bis in das Ägäische Meer lässt sich ein solches Nebeneinander von verschiedenen Wassermassen verfolgen, anscheinend immer dadurch bedingt, dass diese verschiedenen

Wassermassen gleichmässig neben einander vordringen, je nach Tiefe und Weite der Meerestheile mehr horizontal, oder mehr vertical. Auf ein ebensolches Nebeneinandervorrücken verschiedenartiger Wassermassen liessen, besonders in den zum Ägäischen Meere führenden Schwellen zwischen Kreta und Kleinasien, die Prüfungen auf salpetrige Säure schliessen. —

Übrigens findet die Annahme einer das ganze Mitteländische Meer durchkreisenden, vorwiegend horizontal, sonst auch, so an unterseeischen Abhängen, oder in unregelmässig geformten Verengungen des Meeresbeckens, auf- und absteigend verlaufenden Wasserbewegung, auch in biologischen und physikalischen Verhältnissen eine Stütze.

Wenn in der Strasse von Messina, zuweilen in ziemlich grosser Menge mit Leuchtorganen ausgestattete Tiefseefische (*Scopeliden*) gefunden werden, so deutet dies darauf hin, dass dort Tiefseewasser, wahrscheinlich aus dem Sicilisch-jonischen Meere zum Aufsteigen gebracht wird, welches Tiefseewasser ab und zu einen Schwarm von diesen Tiefseefischchen mit sich bis an die Meeresoberfläche führt.

Wenn während der I. »Pola-«Expedition an der afrikanischen Küste, in der Nähe von Ben-Ghâzi, der Hauptstadt der türkischen Provinz Barka, im Wasser der obersten Meeresschicht, ausnahmsweise salpeterige Säure in grösserer Menge gefunden wurde, so weist dies, wie schon gesagt, auf ein Emporgedrücktwerden von Tiefseewasser hin. Andererseits lassen die dort beginnende starke Verengung des centralen Mittelmeeres und die unregelmässige Gestaltung des unterseeischen Abhanges der von SW nach NO streichenden Küste von Barka von einem gegen Osten in Bewegung befindlichen und an diesen unterseeischen Abhang aufstossenden Wasser eine mannigfache Art von wirbelförmigen Strömungen erwarten. Eine von diesen stellt offenbar der die Bucht der beiden Syrten durchströmende Wirbel (Neerstrom) dar; das Zustandekommen dieses Neerstromes, der entlang der Küste gegen Westen, anstatt wie es an der ganzen übrigen afrikanischen Küste des Mittelmeeres der Fall ist, gegen Osten gerichtet ist, wird jedenfalls dadurch erleichtert, dass wegen der geringeren Tiefe in der Nähe dieser Küste ein Vordringen des in seinem Zuge gegen Osten gerich-

teten benachbarten Tiefenwassers erschwert wird. Jene wirbel-förmigen Strömungen brauchen sich jedoch nicht, wie in den Syrten, auf die obersten Wasserschichten zu beschränken, sondern können auch in grosse Tiefen hinabreichen, zumal deshalb, weil das die Syrten durchströmende Oberflächenwasser wegen der Nähe der hier ebenso, wie im Westen der Nilmündungen, bis an das Meer reichenden Wüste Sahara durch starke Verdunstung befähigt wird unterzusinken.

So wie nun aufsteigende Meeresströmungen im Stande sein können, Tiefseethiere ausnahmsweise bis an die Meeresoberfläche zu führen, könnten also ausnahmsweise durch absteigende Meeresströmungen freischwimmende Pflanzen aus der obersten Wasserschicht, in welche Sonnenlicht in erheblichem Masse eindringt, und welche deshalb allein eine Chlorophyllthätigkeit der Pflanzen zulässt, rasch genug in grosse Tiefen vertragen werden, um einer Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffes zu entgehen. So dürfte es sich erklären, dass in der Nähe von Ben-Ghâzi (auf den Stationen 47 und 56 der I. »Pola«-Expedition) in einer Tiefe von 2000 *m* kleine grüne, bläschenförmige Algen gefunden wurden, welche mit der in gleicher Tiefe von der »Plankton-Expedition« im Atlantischen Ocean aufgefundenen *Halosphaera viridis* Schmitz identisch sein dürften.

In den Oceanen wird, wie schon oben gesagt, dem Aufsteigen von Tiefenwasser das stellenweise Vorkommen von ausnehmend kaltem Wasser an der Oberfläche zugeschrieben. Im grossartigsten Massstab scheint ein solches Aufsteigen von kaltem Tiefenwasser an die Meeresoberfläche vor der Somali-Küste (Ost-Afrika) bis zum Cap Guardafui, bei der diesem Cap vorgelagerten Insel Sokotora, sowie auch an der Südost-Küste von Arabien stattzufinden. Das Aufsteigen von Tiefenwasser in dieser Gegend drückt auch die Temperatur der Luft herab und veranlasst Nebelbildung.

Im Mittelländischen Meer erscheint es von vornherein als wenig wahrscheinlich, dass ein stellenweises Aufsteigen von Tiefenwasser eine besonders auffallende Temperaturerniedrigung des Oberflächenwassers zur Folge haben werde. Während die Temperatur des Tiefenwassers in den Oceanen durch-

schnittlich nur  $2^{\circ}$  C. beträgt, herrscht in den Tiefen des ganzen Mittelmeeres eine bedeutend höhere Temperatur, welche nur wenig um  $13.5^{\circ}$  C. schwankt. Ein zur Oberfläche emporgestiegenes Tiefenwasser wird also im Mittelländischen Meere durch blosser Temperaturbeobachtung schon deshalb schwieriger, als im Ocean, als Tiefenwasser zu erkennen sein, weil so bedeutende relative Erniedrigungen der Oberflächentemperatur, wie z. B. vor der Somali-Küste, wo diese Temperatur  $15^{\circ}$  C. beträgt, gegen  $25^{\circ}$  C. in benachbartem Oberflächenwasser im Mittelmeer gar nicht möglich sind.

Dazu kommt noch, dass im Ocean ein rascheres Aufsteigen von Tiefenwasser zu erwarten ist, als im Mittelmeer. Die ungeheure Flächenausdehnung des Oceans, im Vergleiche zu welcher die Tiefenerstreckung des Oceans ganz unbedeutend ist, wird immer zur Geltung kommen, wenn es sich um die Möglichkeit und um die Schnelligkeit von Bewegungserscheinungen handelt, die vom Grunde bis zur Oberfläche reichen. Wenn also auch eine langsamere Bewegung des gesammten Wassers im Mittelmeer zu erwarten ist als im Ocean, so deuten doch die oben angeführten chemischen Verhältnisse darauf hin, dass in allen Tiefen des Mittelmeeres die strömenden Bewegungen rasch genug vor sich gehen, um auf weite Strecken hin, mögen diese nun mehr horizontal oder mehr vertical durchflossen werden, ein Nebeneinander-Vorrücken verschiedenartiger Wassermassen ohne eine durchgreifende Vermengung derselben zu ermöglichen. Danach ist es denkbar, dass eine kleine Wassermasse, welche sich streifen- oder ballenartig in und mit einer grossen Wassermasse von anderer Temperatur bewegt, schon in kurzer Zeit durch Wärmeleitung und durch innerhalb ihres kleinen Raumes vor sich gehende secundäre Strömungen die Temperatur der grossen Wassermasse angenommen hat, ähnlich wie dies bei einem ausnehmend warmen oder kalten Öltropfen der Fall ist, wenn er sich einige Zeit durch Wasser von Zimmertemperatur bewegt hat.

Trotz dieser Umstände, welche der Feststellung der Herkunft eines Wassers mit Hilfe der Temperaturbeobachtung an demselben im Mittelländischen Meer entgegenstehen, konnten an den beiden Hauptstellen, an welchen ich aus dem aus-

nahmsweisen Vorkommen von salpetrigsauren Salzen im Wasser der obersten Meeresschicht auf ein Emporgeschobenwerden von Tiefenwasser schloss, nämlich in der Nähe von Barka und zwischen Rhodus und Kleinasien (Lykien) in den obersten Wasserschichten gegen sonst etwas erniedrigte Temperaturen beobachtet werden, was eine Bestätigung der chemischen Betrachtungsweise abgibt.

Wenn die in der Regel horizontal verlaufende Bewegung der Gesamtmassen des Meerwassers, ungefähr ebenso schnell erfolgt, als die Bewegung von Oberflächenwasser, dann muss der ersteren Bewegung in Bezug auf die Weiterbeförderung und Durchmischung der übereinander gelagerten Wasserschichten und in Bezug auf die Temperaturvertheilung die Hauptrolle zufallen.

Soweit die Gestaltung des Meeresgrundes ein mehr oder weniger ungehindertes horizontales Vordringen der bewegten gesammten Wassermasse gestattet, werden in den Ozeanen die in den Tiefen der polaren Meere zur Weiterbeförderung dargebotenen kalten Wassermassen fast gleichmässig in allen Tiefenschichten ausgebreitet. Im Mittelländischen Meer wird eben auch durch die horizontale Vorwärtsbewegung des gesammten Wassers eine mehr oder weniger vollständige Ausgleichung der Tiefentemperaturen in den einzelnen, klimatisch so verschiedenen Theilen dieses Meeres herbeigeführt.

Unterhalb 300 *m* Tiefe herrschen im ganzen Mittelmeer Temperaturen, welche nur sehr wenig von 13·5° C. abweichen. Diese Abweichungen beziehen sich auf eine ganz geringe Zunahme der Tiefentemperatur vom äussersten Westen bis zum äussersten Osten und auf das Auftreten etwas niedrigerer Temperaturen in den grössten Tiefen der Adria und in denen des Ägäischen Meeres. In der Adria und im Ägäischen Meere, welche buchtenartig an der Nordseite des Hauptbeckens des Mittelmeeres angegliedert sind, wird die Vorwärtsbewegung der Gesamtmasse des Wassers ebenfalls vor sich gehen, und zwar an den Ostseiten gegen Norden, an den Westseiten gegen Süden. Nur ist wegen der langgestreckten Gestalt der Adria und wegen der Enge der ihren Beginn darstellenden Strasse von Otranto gegen Norden zu eine immer geringere Durch-

fluthung von Wasser aus dem Jonischen Meere zu erwarten. Für diese Durchfluthung werden ein wesentliches Hinderniss die beiden quer durch die Adria verlaufenden, unterseeischen Höhenzüge darbieten. Zwischen Cap Linguetta und Brindisi ist das Meer kaum 800 *m* tief, zwischen den beiden Halbinseln Monte Gargano und Sabioncello besteht nur eine Rinne von 150 *m* Tiefe. Durch das Aufstossen an den südlichen Abhängen dieser beiden unterseeischen Höhenzüge in der Adria wird ein grosser Theil der bis dahin durch Vorwärtstreben an der Ostseite der Meeresabschnitte gelangten Wassermassen von dem weiteren Vordringen gegen Norden abgehalten, durch Bildung kürzerer Stromschlüsse<sup>1</sup> zum Abschwanken gegen Westen, beziehungsweise gegen Süden veranlasst werden. Bei diesem Anprallen des Tiefenwassers an die unterseeischen Abhänge und bei dem dadurch veranlassten theilweisen Abschwanken desselben kann es hier, wie auch sonst, z. B. bei Barka, zur Bildung wirbelartiger Localströme und durch Wasserstau zu lokalen Änderungen der Niveaufläche des Meeres kommen.

Es wird also die Geschwindigkeit der horizontalen Bewegung, wenn auch nicht in den oberen Wasserschichten so doch in den Tiefen, gegen das Nordende der Adria zu verringert. Dies bringt es offenbar mit sich, dass in den zwischen den beiden genannten unterseeischen Querrücken gelegenen grössten Tiefen der Adria (bis 1645 *m*) wegen leichteren Erhaltenbleibens des im strengen Winter der nördlichen Adria zu Boden gesunkenen Wassers etwas niedrigere Temperaturen (bis 12·9° C.) herrschen. Gleichwohl ist an jenen unterseeischen Abhängen, auch wenn sie bis nahe der Meeresoberfläche reichen, nach Analogie mit anderen Stellen des östlichen Mittelmeeres, ein Emporsteigen und Überfluthen von fortwährend, hier aus dem Jonischen Meere nachrückendem Tiefen-Wasser eher zu erwarten, als ein blosses Darüberströmen des warmen Wassers der oberen Wasserschichten aus dem Jonischen Meere. Es kann also nicht Wunder nehmen, wenn auch in dem nördlich

---

<sup>1</sup> Wolf und Luksch haben über den beiden unterseeischen Höhenzügen der Adria im Oberflächenwasser das Vorhandensein solcher kürzerer Stromschlüsse nachgewiesen. — Physikalische Untersuchungen in der Adria. Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, Wien, 1887.

des unterseeischen Höhenzuges zwischen Monte Gargano und Sabioncello (Italien und Dalmatien) gelegenen seichten Abschnitt des Adriatischen Meeres, der vom 15—20 *m* tiefen Golf von Triest allmählich gegen Süden abfällt und unmittelbar vor diesem Höhenzug seine grössten Tiefen von 200—250 *m* erreicht, am Grunde, wie Luksch und Wolf in den Jahren 1877, 1878 und 1880 nachgewiesen haben, selbst bis in relativ geringe Tiefen wie in 130 *m* bei der Insel Lissa, im Sommer dieselbe Temperatur herrscht, wie sonst im Tiefenwasser des östlichen Mittelmeeres unter 300 *m* Tiefe, nämlich 13·7° C. Ein solches Eindringen von Tiefenwasser aus dem Jonischen Meer bis in die seichteren Theile der Adria würde ein stellenweises Vorkommen von Tiefseethieren daselbst in Aussicht stellen. Thatsächlich konnte Herr Hofrath F. Steindachner bei einer in den Monaten Juni und Juli 1894 auf S. M. Schiff »Pola« in der Adria vorgenommenen zoologischen Untersuchungsfahrt selbst noch in geringen Tiefen das Vorkommen von Tiefseethieren nachweisen. So wurde in der Nähe der Insel Pelagosa, also auf dem die beiden tiefsten Gebiete der Adria trennenden unterseeischen Höhenzug zwischen Monte Gargano und Sabioncello, in 129 *m* Tiefe eine *Brisinga* gefunden.

Wenn im äussersten Norden der Adria, im Quarnero und an einigen anderen, durch die dalmatinischen Inseln gedeckten Stellen der NO-Küste auf dem Meeresgrund in wenigen Metern Tiefe aufquellendes Süsswasser, von den unterirdischen Flussläufen der benachbarten Karstgebiete von Istrien, Krain, Kroatien und Dalmatien stammend, im Stande ist, die Temperatur merklich unter den Werth 13·7° herabzudrücken (bis etwas unter 10° C.), so deutet dies darauf hin, dass die betreffenden Stellen durch ihre Lage bis zu einem gewissen Grade vor der sonst überall so ausgiebig stattfindenden Durchspülung durch Meeresströmungen geschützt sind. Die im Gebiete dieser kalten Grundwässer am Nordost-Ende der Adria und sonst in grosser Menge nur in nordischen Meeren vorkommenden rosafarbenen weichen Krebse (*Nephrops norvegicus*), auf dem Triester Fischmarkt unter der Bezeichnung »scampi« verkauft, werden in Bezug auf ihr Vorkommen in der Adria als »Relicten« aufgefasst. Bei einer in allen Meeren vorhandenen Vorwärtsbewegung des

Tiefenwassers ist eine ziemlich rasche Verbreitung von Tiefseethieren in irgend einem Entwicklungsstadium möglich. Bei Berücksichtigung des Umstandes, dass die Tiefseefauna des Mittelmeeres mit der des Atlantischen Oceans übereinstimmt und diese wieder überall, sogar am Äquator Formen in sich schliesst, welche in den Eismeeeren gefunden wurden, kann eine Einwanderung jener Krebsenart auch vor relativ kurzer Zeit erfolgt sein. Dabei kann zuerst in Bezug auf die Sinnesorgane und auf äussere Eigenschaften eine Anpassung an die Verhältnisse der Meerestiefen, dann wieder eine solche an die Verhältnisse der oberen Meeresschichten stattgefunden haben. Manche faunistische Thatsachen, so das Vorkommen derselben Landschnecken in Dalmatien und auf dem vom übrigen Italien durch junge Anschwemmungen getrennten Monte Gargano machen es wahrscheinlich, dass der nördliche Theil der Adria erst ziemlich spät — die jetzige Verbindung mit dem Mittelmeer erhalten hat. Es kann also eventuell erst nach dieser Zeit die Einwanderung jener nordischen Krebsenart stattgefunden haben, welche Einwanderung eine besonders rasche Festsetzung und Vermehrung der Krebse in dem ihnen besonders zusagenden Gebiet der unterseeischen kalten Quellen am Nordost-Ende der Adria zur Folge haben musste.

In dem, den Zugang zum Marmara-Meer bildenden Ägäischen Meer sind wegen der schon durch die vielen Inseln ausgeprägten unregelmässigen Gestaltung des Meeresgrundes verwickeltere Stromverhältnisse zu erwarten als in der Adria. Auf das Sichvorwärtsbewegen verschiedenartiger Wassermassen neben und unter einander weisen meine Brombestimmungen, auf das stellenweise Auftauchen von Tiefenwasser meine Prüfungen auf salpetrige Säure hin. Eine Folge der Nähe und der öfteren Wiederholung von auf- und absteigenden Meeresströmungen in dem kleinen Gebiete des Ägäischen Meeres sind offenbar die am Grunde desselben bei der II. und IV. »Pola«-Expedition nachgewiesenen, im Vergleich zu der gleichmässigen Temperaturvertheilung in den Tiefen des übrigen östlichen Mittelmeeres auffallenden, localen Temperaturschwankungen zurückzuführen, ferner die Thatsache, dass in ungewöhnlich geringen Tiefen noch Thiere gefangen wurden, welche sonst

nur der Tiefsee angehören, wie auch umgekehrt in bedeutenden Tiefen Thiere, welche sonst nur nahe der Meeresoberfläche vorkommen. Die mehr oder weniger, je nach der Lage, die Rollen von unterseeischen Barren spielenden Streifen geringer Tiefe zwischen den einzelnen Inseln und Inselreihen der Cykiaden und Sporaden müssen ein Vordringen des Tiefenwassers gegen Norden ungemein erschweren. Es ist also verständlich, dass von den zwischen Kreta und Kleinasien in das Ägäische Meer einströmenden Wassermassen erhebliche Mengen durch Bildung kürzerer, quer über das Ägäische Meer von Osten nach Westen reichender Stromschlüsse davon abgehalten werden, bis in den nördlichen Theil dieses Meeres zu gelangen. Dies erklärt weiterhin, dass in diesem nördlichen Theil fast immer am Grunde zwischen 600 *m* bis zur grössten Tiefe von 1257 *m* um den Werth  $12\cdot8^{\circ}$  C. schwankende Temperaturen, also etwas niedrigere als sonst in Tiefen des Mittelmeeres unter 300 *m* gefunden wurden. Dass das in den Tiefen des nördlichen Ägäischen Meeres befindliche Wasser daselbst schon längere Zeit verweilt hat und dabei abgeschlossen war von dem, der Bildung von salpetriger Säure durch Vermittlung pflanzlicher Organismen entgegenarbeitenden Sonnenlicht, darauf deutet der Gehalt desselben an etwas salpetriger Säure hin. Insofern nun der nördliche Theil des Ägäischen Meeres ein Wasser enthält, das weniger dem Austausch durch Wasser von ca.  $13\cdot6^{\circ}$ , d. h. von jener Temperatur, die bei weitem dem grössten Theil des Mittelmeerwassers zukommt, ausgesetzt ist, versteht man, dass sich in seinen Tiefen im Wechsel der Jahreszeiten eine etwas niedrigere Temperatur eingestellt hat, welche sich der mittleren Wintertemperatur der Luft über dem nördlichen Theil des Ägäischen Meeres nähert. Dass die auffallend niedrige Temperatur in den grössten Tiefen des nördlichen Ägäischen Meeres nicht etwa wie im seichten, von Karstgebirgen umgebenen Nordost-Ende der Adria vom Aufquellen von Süsswasser auf dem Meeresgrunde herrührt, ergibt sich daraus, dass die Zusammensetzung des dort, vor dem Berge Athos und bei der Insel Samothraki, knapp über dem Grunde geschöpften Wassers, sowie auch die des Grundwassers selber, welches mittelst des Belknap-Lothes heraufgeholt worden war, mit der gewöhn-

lichen Zusammensetzung des Meerwassers übereinstimmte. Eine Constanz des Verhältnisses der einzelnen Salzbestandtheile zu 100 Theilen Chlor wäre unmöglich, wenn Quellwasser, das so ganz andere Salze in Lösung hält, beigemischt wäre.

Der Umstand, dass wegen der vielen Halbinseln und Inseln des Ägäischen Meeres und wegen der unterseeischen Barren zwischen diesen Halbinseln und Inseln ein Durchfluthen des Tiefenwassers und des von diesem getragenen Oberflächenwassers erschwert, gegen Norden zu immer mehr abgeschwächt wird, ermöglicht es auch, dass der aus dem Marmara-Meer mit ziemlich grosser Geschwindigkeit kommende Strom salzarmen Wassers wegen des Aufstossens an Inseln und Festland einen wirbelartigen Theilstrom in die Thrakische Bucht nördlich der Linie Berg Athos—Insel Imbros entsendet, der einen Theil dieser im äussersten Norden des Ägäischen Meeres gelegenen Bucht im entgegengesetzten Sinne durchläuft, als es das ganze Oberflächenwasser dieser Bucht thun würde, wenn ein normales Getragenwerden desselben von Seiten eines in normaler Bewegung befindlichen Tiefenwassers stattfinden würde.

Gleichwohl muss eine, wenn auch gegen sonst verringerte Durchspülung des den äussersten Norden des Ägäischen Meeres einnehmenden Theiles des Mittelländischen Meeres vor sich gehen. Es wäre ja sonst nur eine verticale Durchmischung möglich. Diese ist jedoch erschwert durch die Bedeckung des, das normale specifische Gewicht des Mittelmeerwassers aufweisenden Tiefenwassers mit einem Oberflächenwasser, welches wegen des Zuflusses des salzarmen Wassers aus dem Marmara-Meere, beziehungsweise aus dem Schwarzen Meere, specifisch leichter ist. Nur in Ausnahmefällen, wenn durch sehr strenge Kälte eine hinlängliche Contraction des Oberflächenwassers bewirkt wird, und zwar nur dort, wo eine Verdünnung des Oberflächenwassers (entweder durch das aus dem Marmara-Meere kommende salzarme Wasser oder durch das Wasser der in die Thrakische Bucht einmündenden, aus Ostrumelien kommenden Maritza) in geringerem Grade stattgefunden hat, kann eine Durchmischung durch hinabsinkendes kaltes Oberflächenwasser veranlasst werden. Würde also ein stetes horizontales Einströmen und Sichbeimischen von frischem Meerwasser an

der Ostseite der Thrakischen Bucht in Gestalt von Theilen der aus dem Hauptbecken des östlichen Mittelmeeres von Rhodus aus, entlang der Westküste Kleinasiens gegen Norden strebenden Wassermassen fehlen, dann würde, ähnlich wie es sich im Schwarzen Meere wirklich ereignet hat, der ursprünglich im Tiefenwasser vorhanden gewesene freie Sauerstoff schon längst verbraucht worden sein, und es hätte sich wegen Reduction der schwefelsauren Salze durch die organischen Substanzen der aus der obersten Wasserschicht zu Boden sinkenden Pflanzen- und Thierreste Schwefelwasserstoff gebildet.

In weit grossartigerem Masse findet an einigen Stellen der Océane, so an den Rändern der Sulu-See bei Borneo und an denen des Westindischen Meeres, ein Einströmen und Sichbeimischen von oceanischem Tiefenwasser über unterseeische, zwischen Inseln gelegene Barren in die Wassermassen benachbarter, viel tieferer Meeresbecken statt. Diese Meeresbecken zeigen nämlich die eigenthümliche Erscheinung, dass in ihnen von der Tiefe der durch unterseeische Riffe oder Bergzüge gebildeten Barren bis zum Meeresgrunde dieselbe Temperatur herrscht, und zwar eine, die gleich ist der in der Tiefe der unterseeischen Barren nachgewiesenen Temperatur des offenen Océans. Die Temperatur der oberen Schichten dieser Randmeere hängt von dem Grade und der Art ab, in welchen Festland und Inseln diese Meeresbecken umgeben, sowie von dem Grade, in welchem durch die Eigenbewegung des Wassers auch unabhängig von der Verdunstung warmes Oberflächenwasser zum Hinabsinken und zur Vermischung mit dem Tiefenwasser gebracht wird. Meistens ist die Temperatur der oberen Wasserschichten dieser Randmeere höher als die der angrenzenden Theile des offenen Océans. Eine derart erhöhte Temperatur kann dann auf dem Wege von Meeresströmungen nach einer bestimmten Richtung hin verbreitet werden, wie es durch das Wasser geschieht, welches als »Golfstrom« (Floridaströmung) aus dem Golf von Mexiko, beziehungsweise aus dem Antillenmeere, die zusammen ein von Festland, Inseln und unterseeischen Barren gebildetes selbständiges Meeresbecken einnehmen, herausströmt.

Das rasche Ausströmen des warmen Oberflächenwassers aus dem Golf von Mexiko wird höchstwahrscheinlich durch die Winddrift des Oberflächenwassers (unter dem Einflusse der SO- und NO-Passatwinde) im Atlantischen Ocean und in dem gegen Osten, als der Windseite, ziemlich offenen Antillenmeere bewirkt<sup>1</sup>. Im Anschlusse hieran sei hervorgehoben, welcher grosser Unterschied in Bezug auf örtliche und zeitliche Summierung von Windwirkungen zwischen dem Ocean und dem Mittelmeere zu erwarten ist. Es kommt vor allem die ungemein viel grössere Oberfläche des Oceans als Ganzen, wie auch seiner Theile dem Mittelmeere gegenüber in Betracht, wobei noch durch die vielfache Gliederung des Mittelmeeres die Möglichkeit einer ausgiebigen und anhaltenden Winddrift verringert wird.

In Bezug auf die im Laufe der Zeit sich bis in grosse Tiefen, eventuell bis an den tiefsten Meeresgrund durch die innere Reibung des Wassers erfolgende Fortpflanzung der durch Windstau bewirkten Oberflächenbewegung sind im Mittelmeere die Verhältnisse noch viel ungünstiger, indem zu der Verringerung der Oberflächenausdehnung als erschwerendes Moment noch die so unregelmässige Gestaltung des Meeresgrundes hinzukommt, die dem etwa in Bewegung versetzten Tiefenwasser durch Reibung viele Hindernisse bereitet. Als Hauptmoment ist jedoch anzuführen, dass das Mittelmeer im Verhältnisse zur Oberfläche ungemein viel tiefer ist als der Ocean. Während die Oberfläche des Mittelmeeres gleich ist  $\frac{1}{150}$  der Oberfläche des Oceans, ist die Tiefe des Mittelmeeres gleich  $\frac{1}{2}$  der Tiefe des Oceans, und zwar sowohl in Bezug auf die mittleren Tiefen, als auch in Bezug auf die grössten Tiefen.

Mehr oder weniger entfällt also die Tiefenerstreckung der Winddrift im Mittelmeere. Im Ocean, wo zur Kraft, welche die Bewegung des gesammten Wassers in derselben Art wie im Mittelmeere hervorruft, auch noch anhaltende, ausgiebige Winddriften, welche jedoch durchaus nicht immer mit der Bewegung des Tiefenwassers gleichgerichtet sein müssen, hinzu-

---

<sup>1</sup> Pillsbury, The Gulf Stream. Aus den Berichten der »U. S. Coast and Geodetic Survey«, Washington 1891.

kommen, wird also im Allgemeinen die horizontale Bewegung des Tiefenwassers rascher verlaufen als im Mittelmeere. Eine Folge dieser rascheren Bewegung des Tiefenwassers im Ocean könnte das dort viel reichlichere Thierleben sein. Wie ich am Schlusse meiner III. Mittelmeer-Abhandlung hervorgehoben habe, ist ja wahrscheinlich in erster Linie die relative Langsamkeit, mit der im allergrössten Theile des Mittelländischen Meeres das Wasser sich strömend bewegt, d. h. Nahrungsmittel zuführt, einer reichlicheren Entwicklung des Thierlebens in diesem allergrössten Theile des Mittelländischen Meeres hinderlich.

Unter Berücksichtigung dieses mehr oder weniger vollständigen Wegfalles der Tiefenerstreckung der Winddrift im Mittelmeere ist der Nachweis einer trotzdem vorhandenen Vorwärtsbewegung der durchschnittlich bis 2000 *m*, im Maximum bis 4400 *m* tiefen Gesamtmasse des Wassers im Mittelmeere von umso grösserer Bedeutung, als sich daraus mit ziemlicher Sicherheit folgern lässt, dass auch im Ocean neben den von der Oberfläche ausgehenden Bewegungserscheinungen solche eine Rolle spielen, welche dadurch zu Stande kommen, dass das Wasser als flüssiger und deshalb einer selbständigen Bewegung fähiger Bestandtheil unserer Erde (von der Attraction der Gestirne) in seiner ganzen Masse beeinflusst wird.

Was die Stellung des Mittelmeeres zum Ocean, und zwar speciell zum Atlantischen Ocean, in Bezug auf das specifische Gewicht des Wassers betrifft, so ist vor Allem hervorzuheben, dass das durch die Strasse von Gibraltar beständig einfliessende atlantische, salzärmere Wasser nur im äussersten Westen im Stande ist, für das specifische Gewicht des Mittelmeerwassers massgebend zu sein. Mit Ausnahme des Oberflächenwassers in diesem äussersten Westen und des Oberflächenwassers in Meeresbuchten mit Süswasserzufluss weist das ganze Mittelmeerwasser in allen seinen Theilen und Tiefen nahezu das gleiche specifische Gewicht auf, ein weiterer Beweis für die durch eine kreisende Bewegung der Gesamtmasse des Wassers bewirkte Durchmischung.

In zwei, unten miteinander in Verbindung stehenden, verschieden schwere Flüssigkeiten enthaltenden Gefässen reicht

die specifisch schwerere Flüssigkeit weniger in die Höhe als die specifisch leichtere. Etwas Ähnliches wurde bei benachbarten Meeren erwartet, welche durch enge und tiefe Meerestrassen in Verbindung stehen. Da die Strasse von Gibraltar circa 300 *m* tief ist, müsste zwischen dem Atlantischen Ocean und dem Mittelmeere, beide als communicirende Gefässe betrachtet, in Bezug auf die Höhe ihrer Oberflächen über der Trennungsschicht ein merklicher Unterschied bestehen. Der französische Ingenieur Bouquet de la Grye hatte auf Grund der Differenzen im specifischen Gewichte, welche die an Bord des »Travailleur« 1881 im Atlantischen Ocean und im westlichen Mittelmeere geschöpften Wasserproben aufwiesen, den Schluss gezogen, dass das Mittelmeerniveau bei der Rhône-Mündung um 0·72 *m*, bei Nizza, wo das Wasser auch in der obersten Meeresschicht das normale specifische Gewicht des Mittelmeerwassers besitzt, um 0·80 *m* tiefer liegt, als das Niveau des Atlantischen Oceans. Nach den ersten Nivellirungen der europäischen Gradmessungs-Commission lag der Spiegel des Mittelmeeres um etwa 0·6 *m* tiefer als der des Atlantischen Oceans.

Diese Niveaudifferenz zwischen Atlantischem Ocean und Mittelmeer könnte also von der Verschiedenheit des specifischen Gewichtes der beiderseitigen Wassermassen herrühren, und diese Verschiedenheit des specifischen Gewichtes ist dadurch bedingt, dass im' Mittelländischen Meere wegen des Überwiegens der Verdunstung von Wasser über die Zufuhr von Wasser durch Regen und durch Flussläufe der Salzgehalt vergrössert wird.

Nach Mittheilungen des Generals v. Tillo haben neuerliche Nivellirungen geringere Niveauunterschiede zwischen Mittelmeer und Atlantischem Ocean ergeben. Im Maximum ist das Niveau bei St. Jean de Luz (an der spanischen Grenze) um 0·25 *m* höher als bei Marseille. Anderen Küstenorten des Atlantischen Oceans und der Nordsee gegenüber betragen die Niveaudifferenzen, das Niveau bei Marseille = 0 gesetzt, nur wenige Centimeter, und zwar zeigten sich bald positive, bald negative Werthe. Fast ebenso grosse Niveaudifferenzen wurden

stellenweise an der europäischen Küste des Mittelmeeres selber beobachtet.

In der Strasse von Gibraltar, die ja doch nicht bloss über dem Grunde, wie bei einer wahren Trennungsschicht communicirender Gefässe, sondern auch bis zur Oberfläche die beiderseitigen Meere verbindet, ist ein Bestreben zu gegenseitigem Austausch des schweren und leichten Wassers vorhanden. An der Oberfläche strömt salzärmeres atlantisches Wasser in das Mittelmeer, über dem Grunde strömt salzreicheres Mittelmeerwasser in den Atlantischen Ocean. Würde eine Eigenbewegung der gesammten Wassermassen in den beiden benachbarten Meeren fehlen oder nur sehr langsam verlaufen, dann hätten die Tiefenwässer des an die Strasse von Gibraltar grenzenden Theiles des Atlantischen Oceans mit der Zeit eine Anreicherung von Salz erfahren müssen, und hätte der westliche Theil des Mittelmeeres eine Decke von salzärmerem, atlantischem Wasser erhalten müssen. Letzteres ähnlich, wie es im nördlichen Ägäischen Meere, mit Ausnahme seines Ostrand, wo immerfort salzreiches Wasser von Rhodus her gegen Norden strebt, durch das aus dem Marmara-Meere einströmende salzarme Wasser bis zu einem gewissen Grade geschehen ist. Die bis in die grössten Tiefen reichende Vorbeibewegung des atlantischen Wassers ausserhalb der Strasse von Gibraltar und die kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Mittelmeere bringen es mit sich, dass an beiden Seiten der Strasse von Gibraltar immer wieder neue Wassermassen von verschiedenem specifischem Gewichte aneinander gerathen. So wird der fortwährende gegenseitige Austausch von schwerem und leichtem Wasser in der Strasse von Gibraltar, wie er thatsächlich beobachtet wurde, möglich.

Das Mittelmeer ist also in Folge der kreisenden Bewegung seines gesammten Wassers befähigt, stets neue Wassermassen in der Strasse von Gibraltar zum Austausch gegen atlantisches Wasser darzubieten. Demnach ist es unwahrscheinlich, dass durch den bei diesem Wasseraustausche verbleibenden Kraftüberschuss ein nennenswerther Beitrag zur kreisenden Bewegung des gesammten Mittelmeerwassers geliefert wird. Es ist doch wohl die Arbeitsleistung des sich durch das

ganze, vielgestaltete Mittelmeerbecken kreisend bewegenden Wassers unvergleichlich grösser als die Kraftäusserungen der beiden, übereinander befindlichen Strömungen in der Strasse von Gibraltar.

Der in der Strasse von Gibraltar stattfindende wechselseitige Austausch von mediterranem und atlantischem Wasser hat natürlich die grösste Bedeutung für die Constanterhaltung der Concentration und chemischen Zusammensetzung des Mittelmeerwassers. Durch diesen Wasseraustausch wird die durch Verdunstung bewirkte Erhöhung des Salzgehaltes im Mittelmeer innerhalb gewisser Grenzen gehalten, da das salzreichere Wasser als Unterstrom der Strasse von Gibraltar immer wieder abfließt. Ebenso wird durch den steten Wasseraustausch bewirkt, dass trotz der an einigen Stellen des Mittelmeeres vor sich gehenden, allerdings nur bei Brom und Jod erhebliche Dimensionen annehmenden Abscheidung von Mineralbestandtheilen und trotz der durch Flüsse und Ströme, besonders durch die sich im Schwarzen Meere vereinigenden und dann ihren gemeinsamen Abfluss in der Strasse der Dardanellen findenden, veranlassten Zufuhr fremder, gelöster Mineralbestandtheile, vor Allem von gelöstem kohlen-sauren Kalke, — dennoch fast das ganze Mittelmeerwasser, auch in seinen grössten Tiefen die einzelnen Mineralbestandtheile (Salze) in demselben Verhältnisse zu einander enthält, wie das Wasser der Océane.<sup>1</sup>

Die stete, wenn auch langsame Erneuerung des im Mittelmeerbecken befindlichen Wassers durch oceanisches Wasser schliesst auch, im Vereine mit den im Mittelmeere selber vor sich gehenden, theils durch den Lebensprocess von Pflanzen und Thieren, theils durch die Verwesungsproducte organischer Substanzen, zumal durch kohlen-saures Ammonium veranlassten Abscheidungen von Mineralbestandtheilen, mehr oder

---

<sup>1</sup> Nach Dittmar's Analysen der »Challenger«-Proben kommen im Oceanwasser auf 100 Theile Chlor: 0·341 Br, 13·911 SO<sub>4</sub>, 0·375 CO<sub>3</sub>, 2·165 Ca, 6·737 Mg, 2·000 K, 55·366 Na. Die Summe dieser Mittelwerthe ist gleich 80·895. Auf 100 Theile Chlor kommen also 180·895 Theile Gesamtsalz. Dabei ist von jenen Mineralbestandtheilen abgesehen, welche nur spurenweise im Meerwasser gelöst sind.

weniger vollkommen aus, dass eine Sättigung des Meerwassers mit Mineralbestandtheilen, welche ihm besonders an den Mündungen der Flüsse und Ströme in Form von suspendirten, feinvertheilten Gesteinstheilchen zur Lösung dargeboten werden, eintritt oder erhalten bleibt. Es macht dies ein fortwährendes Andauern der Auflösung solcher Gesteinstheilchen im Mittelmeerwasser wahrscheinlich, neben welcher Auflösung selbstverständlich, zumal in der Nähe der Fluss- und Strommündungen, auch durch rein mechanische Sedimentirung eine Ablagerung von suspendirten Gesteinstheilchen stattfinden muss. Besitzt ja doch das Meerwasser als Salzlösung die Eigenschaft, feine, feste Theilchen rascher sich zu Boden setzen zu lassen, als es in reinem Wasser geschieht. Dies erleichtert die Bildung von Deltas, Barren und Nehrungen. Die vielleicht die Hauptmenge des von Fluss- und Stromläufen in das Meer Gebrachten ausmachenden feinsten Gesteinstheilchen kommen mit ungemein grossen Mengen von Meerwasser, die sie auflösen können, in Berührung. Anfangs schwimmt das trübe Fluss- oder Stromwasser auf dem Meerwasser auf, dann tritt wegen der bis an den Meeresgrund reichenden Bewegung des gesammten Meerwassers mehr oder weniger rasche Fortführung, Zertheilung und Lösung ein.

Also sowohl den suspendirten Gesteinstheilchen, als auch dem schlammigen, sandigen oder steinartigen Meeresgrunde gegenüber bleibt die lösende Kraft des Meerwassers leichter erhalten, weil eine Bewegung des gesammten Meerwassers stattfindet und ein fortwährender gegenseitiger Austausch von Wasser zwischen den benachbarten Meeren erfolgt. Zur Geltung kommen wird diese lösende Kraft des Meerwassers überall dort, wo chemische Fällungsmittel fehlen. Das, was im Mittelmeere an Mineralbestandtheilen frisch in Lösung geht, kann entweder im Mittelmeere wieder zur Abscheidung kommen, oder an irgend einer nahen oder fernen Stelle des Oceans, zu welcher eine Strömung führt und an welcher durch lebende Organismen oder durch die Verwesungsproducte der abgestorbenen eine chemische Fällung eingeleitet wird. Sowie umgekehrt das oceanische Wasser nach seinem Eintritte in das Mittelmeer in gleicher Weise zur Bildung von Niederschlägen durch

Abscheidung von gelösten Mineralbestandtheilen, als kohlen-saurem Kalke, Kieselsäure, kieselaurer Thonerde etc. in Form von Muschelschalen, Diatomeenpanzern, Korallenriffen, Steinkrusten etc. herangezogen werden kann, in der Art, wie ich es in meinen beiden letzten Abhandlungen auseinandergesetzt habe.

Wegen des Zusammenhanges mit dem Ocean kann also im Mittelmeere und in dem mit diesem durch die Dardanellen und den Bosphorus in Verbindung stehenden Marmara- und Schwarzen Meere die Änderung der Zusammensetzung des Wassers in Bezug auf das Verhältniss der gelösten Mineralbestandtheile zu einander nur unbedeutend sein. Anders ist es mit denjenigen Bestandtheilen des Meerwassers, welche einer raschen Änderung entweder durch Wechselwirkung mit den Bestandtheilen der Atmosphäre oder durch die Lebensthätigkeit pflanzlicher und thierischer Organismen oder durch den Verwesungsprocess der Pflanzen- und Thierleichen fähig sind.

Durch die sich zunächst nur auf die Meeresoberfläche erstreckende Wechselwirkung mit der Atmosphäre wird vor allem der Grad der Verdünnung des Meerwassers beeinflusst, entsprechend dem in verschiedenen Meerestheilen so wechselnden Verhältnisse zwischen den unmittelbar oder durch Flüsse etc. in das Meer gelangenden atmosphärischen Niederschlagsmengen und den an der Meeresoberfläche verdunstenden Wassermengen. Ferner wird durch die Berührung mit der Atmosphäre der Gehalt des Meerwassers an Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Ammoniak beeinflusst. Durch die Lebensthätigkeit pflanzlicher Organismen, welche zugleich mit dem Sonnenlichte schon in circa 100 *m* Tiefe mehr oder weniger vollständig erlischt, werden unter Betheiligung von Kohlensäure, Wasser ( $H_2O$ ) und anorganischer stickstoffhaltiger Körper, vor allem von salpetriger Säure organische Substanzen und freier Sauerstoff geschaffen. Durch die Lebensthätigkeit thierischer Organismen, welche sich, soweit Sauerstoff vorhanden ist, in allen Schichten des Meeres entfalten kann, werden organische Substanzen durch Oxydation zerlegt, bei dem Verwesungsprocesse der Pflanzen- und Thierleichen kann diese Oxydation der organischen Substanzen, wenn freier Sauerstoff

fehlt, durch Reduction der schwefelsauren Salze des Meerwassers zur Bildung von Schwefelwasserstoff führen.

Art und Ausmass derjenigen Vorgänge, welche eine rasche Änderung einzelner Bestandtheile des Meerwassers, vor Allem des die Dichte des Meerwassers bedingenden Wassers, dann des Sauerstoffes und der organischen Substanzen zur Folge haben, werden abhängen von dem Intensitäts-Verhältnisse der einzelnen Vorgänge zu einander. Dieses Intensitäts-Verhältniss wieder wird sich mit der mehr oder weniger ungestörten Übereinanderlagerung der verschiedenen horizontalen Meeresschichten ändern, kann jedoch auch seinerseits massgebend sein für diese mehr oder weniger ungestörte Übereinanderlagerung und deren Folgen.

Würde das Schwarze Meer, wie es beim Mittelmeere der Fall ist, weniger atmosphärisches Wasser unmittelbar oder durch Flüsse und Ströme zugeführt erhalten, als durch Verdunstung an die Atmosphäre abgegeben wird, dann würde die starke Verdünnung der obersten Wasserschicht entfallen und es könnte das durch Erkaltung oder durch Verdunstung schwerer gewordene Oberflächenwasser ungehindert hinabsinken, dabei Wassermassen der tieferen Lagen zur Oberfläche drängend. Im Laufe der Zeit würde so durch den im Oberflächenwasser gelösten Sauerstoff der jetzt in den Tiefen des Schwarzen Meeres vorhandene Schwefelwasserstoff oxydirt werden und damit die Haupteigenthümlichkeit der Tiefen des Schwarzen Meeres verschwinden. Sowie im Mittelmeere würde auch hier die durch Erkaltung veranlasste Dichtevermehrung eine grössere Rolle spielen als die durch Verdunstung bewirkte. Es würde sich also auch hier sowie im Mittelmeere unter einer mächtigen, dem Wechsel der Jahreszeiten ausgesetzten Wasserschicht bis an den Grund eine gleichmässige, der mittleren Wintertemperatur entsprechende Temperatur einstellen. Thatsächlich herrscht jedoch im Schwarzen Meere während des Sommers schon in 55 *m* Tiefe die niedrigste, der mittleren Wintertemperatur an der Südküste der Krim entsprechende Temperatur von 7·2° C. Ein Beweis, dass im Schwarzen Meere nicht bis 300 *m* Tiefe, wie im Mittelmeere, sondern nur bis wenig unter 55 *m* Tiefe eine wechselseitige Übertragung

der Temperatur zwischen Luft und Wasser stattfindet. Dies macht einerseits die grossen Temperaturdifferenzen des Oberflächenwassers des Schwarzen Meeres während der verschiedenen Jahreszeiten verständlich; im Winter sinkt die Temperatur des Oberflächenwassers bis gegen  $0^{\circ}$ , im Sommer steigt sie bis  $25^{\circ}$ . Andererseits erklärt sich daraus der geringe mässige Einfluss des Schwarzen Meeres auf das Klima der es umgebenden Länder.

Wegen des fast vollständigen Mangels einer Verticalcirculation im Schwarzen Meere bleibt dasselbe Wasser lange Zeit der Oberfläche nahe. Die oberste Wasserschicht, welche wie ein Deckel die Tiefen des Schwarzen Meeres vor den ausgleichenden Einflüssen der Atmosphäre abhält, ist so dünn, dass sie ganz oder zum grösseren Theile von Sonnenlicht getroffen werden kann. Dies bewirkt, dass sich pflanzliche Keime reichlich entwickeln, so dass in dieser obersten Wasserschicht des Schwarzen Meeres ein reges Pflanzen- und Thierleben herrscht. Das dadurch bedingte reichliche Zubodensinken von Pflanzen- und Thierleichen würde wahrscheinlich auch bei relativ ausgiebiger Durchmischung der gesammten übereinander befindlichen Wasserschichten genug organische Substanzen in die tiefen Lagen des Schwarzen Meeres bringen, um nach Verbrauch des freien Sauerstoffes durch Reduction der Sulfate eine Schwefelwasserstoff-Bildung zu veranlassen.

Dass es einer bedeutenden Kraft bedürfen würde, um eine Durchmischung der übereinander gelagerten Schichten des Schwarzen Meeres durchzuführen, beweist das von der Oberfläche bis zum Grunde beständig zunehmende specifische Gewicht des Wassers dieses Meeres. Auf Atmosphärendruck und auf die für die Berechnung des Salzgehaltes gewöhnlich gewählte Temperatur von  $17.5^{\circ}$  bezogen, steigt das specifische Gewicht von der Oberfläche bis zu über 2000 *m* betragenden Tiefen von dem Werthe 1.013 zu dem Werthe 1.017. Es entspricht dieses specifische Gewicht beiläufig dem halben Salzgehalte des Mittelmeerwassers. Der Unterschied der beiden Werthe ist eigentlich gering im Vergleiche zu den in specifischen Gewichten des Oberflächen- und Tiefenwassers anderer Meere, z. B. des Ägäischen Meeres beobachteten Differenzen.

In den Tiefen des Ägäischen Meeres konnte auf der »Pola«-Expedition trotzdem das Vorhandensein thierischen Lebens nachgewiesen werden. Der wesentliche Unterschied zwischen Schwarzem Meere und Ägäischem Meere ist jedoch der, dass in letzterem auch bis an das Nordende das Wasser aus dem Hauptbecken des östlichen Mittelmeeres in den Meerengen zwischen den Inseln und in den Canälen längs des kleinasiatischen Festlandes in bedeutend grösserer Menge vorrücken, sich unter das (von den Dardanellen her) verdünnte Oberflächenwasser schieben kann, als dies für das Schwarze Meer möglich ist.

In das Schwarze Meer kann ja Wasser aus dem Hauptbecken des Mittelmeeres nur durch das Ägäische Meer, durch die 50 *m* tiefen Dardanellen, durch das Marmara-Meer und durch den 50 *m* tiefen Bosphorus gelangen.

Auf dem Grunde der schmalen, im Minimum etwas weniger als 50 *m*, im Maximum 100 *m* tiefen Bosphorusstrasse strömt in das Schwarze Meer ein Wasser ein, das in Bezug auf den Salzgehalt vom Mittelmeerwasser fast gar nicht verschieden ist. Nach den Untersuchungen Makarow's führt diese Unterströmung des Bosphorus im Jahre 178 *km*<sup>3</sup> stark salzigen Wassers in das salzarme Schwarze Meer. Die Menge entspricht ungefähr dem mittleren Jahreszufluss der Donau. Diese Unterströmung des Bosphorus wäre im Stande, das leergedachte Becken des Schwarzen Meeres in 3080 Jahren zu füllen.

In Bezug auf die Hintanhaltung einer Schwefelwasserstoff-Bildung in den Tiefen des Schwarzen Meeres würde der Werth dieser Unterströmung des Bosphorus sinken, wenn es sich herausstellen sollte, dass ihr Wasser, da es aus dem Marmara-Meere kommt, dessen Tiefen möglicherweise ebenfalls durch eine Decke salzarmen Wassers von der Atmosphäre abgeschlossen sind, nicht den normalen Sauerstoffgehalt des Meerwassers besitzt.

Würde eine Bewegung des gesammten Wassers im Schwarzen Meere nicht bestehen und nicht bestanden haben, seitdem (wahrscheinlich sehr langsam eine Niveaugleichheit des Marmara- und des Schwarzen Meeres, wenn nicht schon vorfindend, zu Wege bringend) der Durchbruch des Bosphorus

erfolgte und den nach dem sarmatischen Meere in der quaternären Zeit dort bestandenen Brackwasser-See der neuerlichen Versalzung aussetzte, dann hätte das in der SW-Ecke des Meeres in circa 100 *m* Tiefe einmündende schwere Mittelmeerwasser vermuthlich schon längst durch sein Hinabsinken in dem leichten Wasser dieses letztere aus den Tiefen des Schwarzen Meeres verdrängt. Im Anfange wäre in der Umgebung der Einbruchsstelle wegen des raschen Einströmens in das ruhige Wasser eine Vermischung der specifisch verschiedenen schweren Wasser leicht möglich gewesen. Bald hätte sich in der Umgebung der Einbruchsstelle der Salzgehalt vermehrt, mit Ausnahme der obersten Wasserschicht, durch welche in horizontaler Richtung beständig der Abfluss des von atmosphärischen Niederschlägen, Flüssen und Strömen gelieferten, sowie des vom hinabsinkenden Mittelmeerwasser verdrängten leichten Wassers aus dem Schwarzen Meere in das Marmara- und Mittelmeer stattfindet und höchstwahrscheinlich auch damals stattgefunden hat. Etwas verzögert durch den Reibungswiderstand des Meeresgrundes wäre von diesem südwestlichen Theile des Brackwasser-Beckens die Versalzung gegen die Tiefe hin vorgeschritten, mit dem Bestreben, in den grössten Tiefen das salzreichste Wasser anzusammeln. Sobald dies erreicht gewesen wäre, hätte von unten aus, in dem Masse, als sich das als Unterstrom des Bosphorus einfließende Wasser zu Boden senkte, die Versalzung gegen oben fortschreiten müssen, bis über einem Wasser von fast demselben Salzgehalte, wie er dem Mittelmeerwasser eigen ist, nur mehr eine dünne Decke von salzarmem Wasser vorhanden wäre. Damit wäre der Unterstrom des Bosphorus mehr oder weniger vollkommen zum Stillstande gekommen. Es würde jetzt durch den Bosphorus einfach oberflächlich der durch atmosphärische Niederschläge, sowie durch Flüsse und Ströme im Schwarzen Meere sich ansammelnde Überschuss von Süßwasser abfließen, ohne dass, wie es in der That geschieht, ein diesem Abflusse von Süßwasser, wenigstens zeitweise, nahezu gleichwerthiger Strom salzreichen Wassers auf dem Grunde des Bosphorus in das Schwarze Meer im wahren Sinne des Wortes hineinfiel.

Die Thatsache, dass der Salzgehalt des Schwarzen Meerwassers mit Ausnahme einer geringen Verminderung in der obersten Schicht und einer geringen Vermehrung in den untersten Schichten dem halben Salzgehalte des Mittelmeerwassers gleich ist, lässt auf eine innerhalb der angeführten Grenzen erfolgende, gleichmässige Durchmischung der in das Schwarze Meer gelangenden süssen Wässer mit dem vom Unterstrom des Bosphorus gelieferten salzreichen Wasser schliessen. Eine derartige Durchmischung der beiderseitigen Gewässer liesse sich erwarten, wenn man nach Analogie mit den im Mittelmeere gefundenen Verhältnissen auch im Schwarzen Meere eine vorwiegend horizontal verlaufende, kreisende Bewegung des gesammten Wassers annehmen würde. Sowie im Mittelmeere würde dann auch im Schwarzen Meere das Oberflächenwasser von dem darunter befindlichen, sich bewegenden Wasser getragen werden, wobei es stellen- und zeitweise durch Gegenwinde von der gewöhnlichen Bewegungsrichtung abgelenkt werden könnte, dann aber bald wieder an der Gesamtbewegung theilnehmen müsste. Die in der Regel beobachtete Strömungsrichtung des Oberflächenwassers im Schwarzen Meere läuft, wie man besonders an den Mündungen der Flüsse und Ströme zu beobachten Gelegenheit hat, sowie im Mittelmeere entgegen dem Sinne des Zeigers einer Uhr. Diese Oberflächenströmung drängt z. B. das Donauwasser nach seinem Eintritte in das Schwarze Meer entlang der Westküste dieses Meeres gegen Süden zum Bosphorus.

Eine solche kreisende Bewegung der gesammten Wassermasse des Schwarzen Meeres würde im Bosphorus, ähnlich wie es die kreisende Bewegung des Mittelmeerwassers in den Dardanellen und in der Strasse von Gibraltar thut, immer wieder frische Wassermassen dem Nachbarmeere zum Austausch zur Verfügung stellen, so dass der Austausch der beiderseitigen Wässer in Form von Oberstrom und Unterstrom beständig anzuhalten vermag. In der That konnte ausser an der unmittelbaren Eintrittsstelle des Unterstromes eine nennenswerthe Anhäufung von salzreichem Wasser auf dem Meeresgrunde in der Nähe der Bosphorumündung nicht nachgewiesen werden. Das durch den Unterstrom des Bosphorus in das Schwarze Meer

gelangte salzreiche Wasser wird anscheinend sowohl an einer Ansammlung in der Nachbarschaft des Bosphorus, als auch an einem unmittelbaren Hinabsinken bis an den Grund des ganz nahe gelegenen Gebietes grösster Tiefen dadurch verhindert, dass es zunächst vom Wasser des Schwarzen Meeres horizontal weitergeschoben wird und sich erst hierbei mehr oder weniger mit diesem Wasser vermischt. So kann es, weil das immerfort neu einfließende und in kreisende Bewegung versetzte Mittelmeerwasser bestrebt ist, hinabzusinken, und weil das immerfort zugeführte Süßwasser bestrebt ist, obenauf zu schwimmen, zu der thatsächlich beobachteten und wahrscheinlich im Laufe von Jahrtausenden stationär gewordenen mässigen Zunahme des specifischen Gewichtes von der Oberfläche bis zum Grunde gekommen sein.

Daraus, dass im Sommer schon in einer Tiefe von 55 *m* das Temperatur-Minimum des Schwarzen Meeres, nämlich  $7.2^{\circ}$  nachgewiesen wurde, kann man schliessen, dass die durch blosses Hinabsinken von kaltem Oberflächenwasser während des Winters veranlasste verticale Durchmischung nicht viel unter die Schicht von 55 *m* Dicke hinabreicht. Die untere Fläche dieser Schicht befindet sich annähernd in derselben Tiefe, in welcher das salzreiche Bosphoruswasser in das Schwarze Meer einmündet und in welcher es dann wahrscheinlich, wenigstens eine Zeit lang horizontal weiter bewegt wird.

Es ist denkbar, dass sich im Laufe der Zeit, wegen der zu beiläufig gleichen Theilen erfolgenden Vermischung des Wassers von der mittleren Wintertemperatur des Schwarzen Meeres mit dem Wasser von der mittleren Wintertemperatur des Mittelmeeres, in der, unter der 55 *m* dicken obersten Schicht gelegenen Hauptmenge des Wassers im Schwarzen Meere eine Temperatur eingestellt hat, welche in der Mitte der beiderseitigen mittleren Wintertemperaturen liegt. Von 55 *m* Tiefe steigt die Temperatur bis zur Tiefe von 200 *m* auf  $9^{\circ}$  und bleibt dann fast constant, indem sie bis über 2000 *m* Tiefe nur noch auf  $9.26^{\circ}$  ansteigt. Diese unter 200 *m* Tiefe herrschende Temperatur von  $9^{\circ}$  nähert sich wirklich der erwarteten. Dass die beobachtete Temperatur etwas niedriger ist als die

erwartete, mag durch Verhältnisse des Schwarzen Meeres begründet sein oder könnte daher rühren, dass das vom Unterstrom des Bosporus gelieferte Wasser nicht unmittelbar aus dem Mittelmeere stammt, sondern aus dem Marmara-Meere. Sollte es sich herausstellen, dass die Tiefentemperatur des Marmara-Meeres nicht niedriger, sondern ebenso hoch oder höher ist, als die Tiefentemperatur des Mittelmeeres, dann würde die wider Erwarten niedrige Tiefentemperatur des Schwarzen Meeres darauf hindeuten, dass auch in diesem Meere (unter Vermittlung der Wärmeleitung an der unteren Fläche der specifisch leichten obersten Meeresschicht) durch die kreisende Bewegung des gesammten Wassers die Winter-temperatur der obersten Wasserschicht wenigstens theilweise bis in die grössten Meerestiefen gebracht wird.

Nach den über den Einfluss der horizontalen Wasserbewegung auf die Strömungserscheinungen im östlichen Mittelmeere gemachten Erfahrungen ist für die Strömungserscheinungen in Bezug auf Schnelligkeit und Richtung in erster Linie die Gestaltung des Meeresbodens massgebend.

Für das Zustandekommen und Erhaltenbleiben der regelmässigen, nur äusserst geringen Störungen ausgesetzten Über-einanderlagerung der einzelnen Wasserschichten im Schwarzen Meere ist es nun — unter der Annahme einer horizontal-kreisenden Bewegung des gesammten Wassers — von grösster Bedeutung, dass im Schwarzen Meere wegen der Gestaltung des Meeresbodens diese Wasserbewegung wirklich fast nur horizontal und nicht, wie es im östlichen Mittelmeere vielfach der Fall ist, auch auf- und absteigend vor sich gehen kann.

Während das Mittelländische Meer ungemein gegliedert ist, eine grosse Zahl von Inseln einschliesst und im Allgemeinen sowohl als besonders an den Grenzen seiner einzelnen Theile grosse Unterschiede in der Tiefe aufweist, zeigt das Schwarze Meer, dessen Oberfläche beiläufig  $\frac{1}{6}$  von der des Mittelländischen Meeres ausmacht, in Bezug auf die Gestaltung des Meeresbodens gerade entgegengesetzte Verhältnisse. Bei der Frage, ob durch eine horizontale Bewegung des gesammten Wassers eine Durchmischung der übereinander befindlichen Wasserschichten auch weit unter der Schicht von 55 *m* Dicke,

deren untere Fläche durch ihr Temperatur-Minimum die Grenze des winterlichen Hinabsinkens von Oberflächenwasser angibt, veranlasst wird, kommt der nur 20—60 *m* tiefe nördliche Theil des Schwarzen Meeres kaum in Betracht. Und gerade nur dieser Theil zeigt im Vorspringen der Halbinsel Krim und in der Abschnürung des Asow'schen Meeres eine Gliederung. In ihm liegt auch die einzige Insel des Schwarzen Meeres, nämlich die kleine Schlangeninsel vor der Sulina-Mündung der Donau. Das übrige Schwarze Meer weist mit Ausnahme der Ränder überall Tiefen von mehr als 200 *m* auf. Und zwar senkt sich durchaus der Meeresgrund sehr steil von 200 *m* Tiefe bis zu 2000 *m* Tiefe; die 200 *m*- und die 2000 *m*-Tiefenlinien sind im Schwarzen Meere immer sehr nahe bei einander. Innerhalb der 2000 *m*-Tiefenlinie bleiben sich die Meerestiefen ziemlich gleich; geringere Tiefen gibt es darin nicht, die grössten Tiefen reichen bis etwas über 2600 *m* unter die Meeresoberfläche hinab. Aus dem Gesagten erhellt, dass in dem, südlich vom Breitegrade der Südspitze der Krim gelegenen, circa  $\frac{3}{4}$  der Gesamtoberfläche einnehmenden Theile des Schwarzen Meeres das Wasser wie in einer Schüssel mit sehr steilen Wänden und fast flachem Boden untergebracht ist. In einem derartigen Meeresbecken kann sich das gesammte Wasser in horizontal-kreisender Bewegung befinden, ohne eine ausgiebige Durchmischung der übereinander gelagerten Wasserschichten herbeizuführen. Es fehlen die, gewissermassen als Rührer wirkenden unterseeischen Querrücken und sonstigen Unebenheiten des Meeresgrundes, welche in anderen Meeren vorhanden sind. —

Das Marmara-Meer, dessen Oberfläche weniger als  $\frac{1}{30}$  von der des Schwarzen Meeres ausmacht, ist, da seine grössten Tiefen bis über 1300 *m*, d. h. der halben grössten Tiefe des Schwarzen Meeres hinabreichen, im Verhältnisse zur Flächenausdehnung viel tiefer als das Schwarze Meer. Insofern sich nun als Oberstrom des Bosporus aus dem Schwarzen Meere salzarmes, leichtes Wasser und als Unterstrom der Dardanellen salzreiches, schweres Wasser in das Marmara-Meer ergiesst, könnte man entweder eine mehr oder weniger vollständige Durchmischung der beiderseitigen Wässer während des Durch-

strömens durch das Marmara-Meer erwarten oder eine Über-einanderlagerung der beiden Wässer. Im letzteren Falle würde das die Hauptmenge ausmachende Tiefenwasser im Marmara-Meere ebenso wie im Schwarzen Meere durch das oben aufschwimmende salzarme Wasser von der Atmosphäre abgeschlossen sein und deshalb des Thierlebens entbehren.

Die Oberflächenströmung in den beiden Meerengen, in den Dardanellen und im Bosphorus, ist, besonders an ihren schmalsten Stellen, derart stark, dass man glauben könnte, man sei auf einem mächtigen, dank seines Gefälles rasch fliessenden Binnenstrom. Diese Strömung erschwert ungemein die Durchfahrt aus dem Ägäischen Meere in das Marmara-Meer, beziehungsweise die aus dem Marmara-Meere in das Schwarze Meer. Bei letzterer Durchfahrt pflegen kleine Segelschiffe an der schmalsten Stelle des Bosphorus, wo sich das Wasser mit grösster Geschwindigkeit gegen Constantinopel zu bewegt, um gegen diese Strömung aufzukommen, vom Lande aus mit Seilen gezogen zu werden. Wharton beobachtete bei seinen im Herbste 1872 an Bord des »Shearwater« durchgeführten Untersuchungen der Strömungsverhältnisse<sup>1</sup> in den Dardanellen eine mittlere Geschwindigkeit des Oberflächenstromes von  $2.8 \text{ km}$  die Stunde mit einem Maximum von  $8.3 \text{ km}$ , im Bosphorus eine mittlere Geschwindigkeit des Oberflächenstromes von  $4.6 \text{ km}$  mit einem Maximum von ebenfalls  $8.3 \text{ km}$ . Die Geschwindigkeit wechselt in den einzelnen Theilen der Meerengen je nach der Breite derselben. In den buchtenartigen Erweiterungen zieht öfters neben dem mit grosser Geschwindigkeit aus einem schmalen Theile einer Meerenge herauskommenden, normal gerichteten Strom eine durch Anprall am Ufer erzeugte wirbelartige Strömung in entgegengesetzter Richtung. Ein ähnlicher wirbelartiger Strom ist derjenige, welcher das eine Seitenbucht des Bosphorus bildende goldene Horn, an dessen Rändern Constantinopel liegt, durchspült und rein zu halten sucht.

Je nach Windrichtung und Windstärke ist die Geschwindigkeit der Strömungen in den beiden Meerengen grossen

---

<sup>1</sup> Report on the Currents of the Dardanelles and Bosphorus; London, Potter 1886.

Schwankungen unterworfen. Als S. M. Schiff »Pola« im Spätsommer 1893 durch sieben Tage in dem Sari-Siglar-Bai genannten Theile der Dardanellenstrasse vor Anker lag, wurde durch Auswerfen des Log die Geschwindigkeit der Wasserbewegung festgestellt. Es zeigte sich, dass dieselbe zwischen 2·8 und 6·9 *km* in der Stunde schwankte. Der Wind war immer N bis O. Am grössten war die Geschwindigkeit der Wasserbewegung bei starkem ONO-Winde (Windstärke = 6—8). In diesem letzteren Falle wurde die gewöhnliche Oberflächenströmung der Dardanellen in besonders hohem Grade durch die Bewegung jener Wassermassen verstärkt, welche sich wegen Winddrift in dem sich gegen die Dardanellen zu trichterartig verengenden Marmara-Meere aufgestaut hatten. Das Minimum der Stromstärke in den Dardanellen fiel mit dem Minimum der Windstärke zusammen. Ähnliche Erscheinungen lassen sich im Bosphorus beobachten; auch hier spielt die im Schwarzen Meere durch starke Winde veranlasste Wasserstauung eine grosse Rolle.

Ausser von der jeweiligen Stärke und Richtung der Winde ist die Geschwindigkeit der Oberflächenströme in den beiden Meerengen auch von den im Laufe der Jahreszeiten in so wechselnden Mengen in das Schwarze Meer gelangenden Süswassermassen abhängig, welche früher oder später, nach mehr oder weniger erfolgter Vermischung mit Salzwasser, durch den Bosphorus und durch die Dardanellen abströmen. Nach Brückner werden dem Schwarzen Meere durch die Donau, durch die russischen Flüsse und durch unmittelbare atmosphärische Niederschläge in den Monaten Januar-Februar 62, in den Monaten März-April 182 *km*<sup>3</sup> Süswasser zugeführt.

Bei starken SW-Winden kommt wegen der im Ägäischen Meere, beziehungsweise im Marmara-Meere durch Winddrift bewirkten Wasserstauungen der Oberflächenstrom in den beiden Meerengen zum Stillstande oder wird sogar dazu gebracht, im entgegengesetzten Sinne, d. h. aus dem Ägäischen Meere in das Marmara-Meer und aus dem Marmara-Meere in das Schwarze Meer zu fliessen, zum Vortheile der in diesen Richtungen die Meerengen durchfahrenden Schiffe.

Dieser Fall ist die Ausnahme. In der Regel bewegt sich in beiden Meerengen das Oberflächenwasser in der Richtung vom Schwarzen Meere zum Ägäischen Meere.

Es ist eine den dortigen Fischern wohlbekannte Erscheinung, dass an einigen Stellen der Meerengen die auf dem Grunde sesshaften halmartigen Gewächse wie Ähren im Winde zur Seite geneigt sind, und zwar zu der dem gewöhnlichen Zuge der Oberflächenströmung entgegengesetzten Seite. Ebenso sieht man losgelöste Pflanzen oder sonstige schwimmende Körper sich in der Tiefe in entgegengesetzter Richtung bewegen als das Oberflächenwasser fliesst. Es kann dies von bis in die Tiefe reichenden wirbelartigen Gegenströmungen des Oberflächenstromes oder von einem regelmässig vorhandenen, dem Oberflächenstrome entgegengesetzt gerichteten Strome über dem Meeresgrunde herrühren.

Dass sich unter den Oberflächenströmungen beider Meerengen ein beständiger Strom salzreichen Wassers aus dem Ägäischen Meere in das Marmara-Meer und aus diesem in das Schwarze Meer ergiesst, wurde im Jahre 1872 von Wharton nachgewiesen. Er bediente sich dabei derselben Methode wie Carpenter zwei Jahre vorher bei dem Nachweise des in den Atlantischen Ocean sich ergiessenden Unterstromes der Strasse von Gibraltar. Zuerst wurde durch Auswerfen eines kleinen, flachen Korbes und Beobachten des von ihm in einer bestimmten Zeit zurückgelegten Weges die Geschwindigkeit des Oberflächenstromes festgestellt. Dann wurde an einem leichten, leeren Boote mittelst eines Seiles ein stark belasteter Korb mit vier seitlichen verticalen Segeltuchflügeln angehängt, der dem eventuell in der Tiefe vorhandenen Strome eine grosse Oberfläche darbieten musste. Nachdem der Korb durch Streichen (Ablassen) des Seiles in eine bestimmte Tiefe gebracht worden war, überliess man das Ganze sich selbst, worauf je nach Richtung und Stärke des Stromes in der Wasserschicht des Korbes das Boot entweder mit verminderter Geschwindigkeit sich in derselben Richtung bewegte wie ohne Korb oder stille stand, oder aber durch die auf den Korb wirkende Kraft des Unterstromes dem Oberflächenstrome entgegen vorwärts bewegt wurde. Indem man die Länge des Seiles zwischen Boot

und Korb bei den einzelnen Versuchen an derselben Stelle variierte, konnte auf die Richtung und auf die Geschwindigkeit der Strömung in der Tiefe geschlossen werden.

Es fand sich, dass der Oberstrom eine Mächtigkeit von 18 bis 27 *m* hat. Darunter beginnt der entgegengesetzt gerichtete Unterstrom, der eine Maximalgeschwindigkeit von beiläufig 2 *km* in der Stunde besitzt. Wichtig war noch der Nachweis, dass von der Grenze der beiden Ströme bis zum Grunde dem Wasser in beiden Meerengen ein derart hohes spezifisches Gewicht eigen ist, dass dieses Wasser in beiden Meerengen als ziemlich unverdünntes Mittelmeerwasser angesehen werden muss. Es bedeutet dies, dass das Oberflächenwasser des Schwarzen Meeres und das Tiefenwasser des Ägäischen Meeres ziemlich unvermischt das Marmara-Meer durchströmen, und dass Wassermassen von verschiedenem spezifischen Gewicht nur an der Mündung des Bosphorus in das Schwarze Meer und nicht auch an der Mündung der Dardanellen in das Marmara-Meer horizontal aneinander gerathen. Demnach kann auch nur an der Mündung des Bosphorus in das Schwarze Meer zur Herstellung des Gleichgewichtszustandes ein Einströmen von schwerem Wasser als Unterstrom in leichtes Wasser, in das leichte Wasser des Schwarzen Meeres erfolgen. Verhältnisse, die das Marmara-Meer nur als eine Erweiterung der vom Ägäischen Meere zum Schwarzen Meere führenden Wasserstrasse erscheinen lassen.

Die Beobachtungen Wharton's wurden von de Guydon<sup>1</sup> und von Makarow bestätigt. Makarow verglich mittelst Telephon die Geräusche, welche ein in verschiedene Tiefen des Bosphorus versenkter Apparat unter dem Einflusse der wechselnden Stromstärken verursachte. Makarow war, wie schon oben hervorgehoben wurde, im Stande, das in das Schwarze Meer als Unterstrom des Bosphorus sich ergießende Mittelmeerwasser ziffermässig anzugeben. De Guydon wies im Bosphorus in Tiefen unter 50 *m*, also unter dem in das Schwarze Meer führenden Strome stellenweise Wasserbewegungen nach, welche, wenn auch mit sehr viel geringerer Geschwindigkeit

---

<sup>1</sup> Rev. marit. et colon. *II*, 338 (1886).

verlaufend, ebenso gerichtet waren wie der Oberflächenstrom. Analoges hatte Wharton im Eingange der Dardanellen, an der Grenze des Ägäischen Meeres beobachtet. Es dürfte eben manchmal auf dem Grunde der beiden Meerengen durch Anprallen der in Bewegung befindlichen unteren Wassermassen an unterseeischen Vorgebirgen zu ähnlichen wirbelartigen Gegenströmen kommen, wie sie sich stellenweise bei den Oberflächenströmungen der beiden Meerengen zeigen.

In einer vor Kurzem erschienenen Publication Magnaghi's<sup>1</sup> sind die von italienischer Seite im Spätsommer 1884 ausgeführten Untersuchungen über die Strömungsverhältnisse der beiden Meerengen dargelegt.

Der angewandte Apparat gestattete, wenn er in einer beliebigen Tiefe eine Zeit lang functionirt hatte, nach dem Herausholen an Zifferblättern Richtung und Stärke der Strömung abzulesen. Er beruhte einerseits auf der schon von Aimé 1845 zur Bestimmung der Stromrichtung in einer bestimmten Tiefe empfohlenen, durch ein Fallgewicht veranlassenden Arretirung einer Boussole, nachdem der dieselbe tragende und mit einer Art Windfahne versehene Apparat sich in die Strömungsrichtung eingestellt hatte. Andererseits trug der Apparat eine den Windmessern ähnliche Vorrichtung, welche die strömende Kraft des Wassers mit Hilfe von vier an Stäben um eine horizontale Achse rotirenden hohlen Halbkugeln zwang, ein Zählwerk in Gang zu setzen. Zur Feststellung des Zusammenhang zwischen der Rotationszahl und der Geschwindigkeit des Wassers ausdrückenden Coëfficienten waren in einem abgeschlossenen Bassin des Arsenal's zu Spezia Versuche in umgekehrter Art durch Vorwärtsbewegen des Apparates mit bekannter Geschwindigkeit gemacht worden. Die Strömungsmessungen wurden vom verankerten Schiff aus vorgenommen; der an einer Seile versenkte Apparat war dabei durch angehängte Bleigewichte stark belastet. Das bleierne Fallgewicht, welches die Boussole arretirte, löste den Strommesser aus. Nach einer bestimmten Zeit wurde durch ein zweites Fallgewicht der Strommesser zum Stillstand gebracht.

---

<sup>1</sup> Atti del Primo Congresso Geografico italiano. Genua 1894.

Die Versuche wurden in den Dardanellen, und zwar bloss in dem vom Ägäischen Meer bis zur schmalsten und zugleich tiefsten Stelle bei Chanak-Kalessi reichenden Theil derselben, an Bord des »Washington« vorgenommen. Da die türkische Regierung die Einfahrt des »Washington« als eines Kriegsschiffes in das Marmarameer nicht gestattete, auch Schwierigkeiten wegen der daraufhin in Aussicht genommenen Verwendung des italienischen Stationsschiffes von Constantinopel »Sesia« machte, wurden die Untersuchungen im Bosphorus auf einem griechischen Handelsschiff, auf einem der dortigen kleinen Schleppdampfer vorgenommen.

Die erhaltenen Resultate stimmen im Wesentlichen mit dem von Wharton Beobachteten überein, lassen aber viel deutlicher die Lage der neutralen Zone, welche sich in den beiden Meerengen zwischen Oberstrom und Unterstrom befindet, erkennen. Was den Bosphorus betrifft, so befand sich die neutrale Zone noch ausserhalb des Bosphorus, im Marmara-Meer in 12 *m* Tiefe, dann zwischen Stambul und Skutari in 18 *m* Tiefe, in der halben Länge des Bosphorus in 35 *m* Tiefe, am Ausgang des Bosphorus in das Schwarze Meer in 40 *m* Tiefe. Es bedeutet dies einen durch das Einfliessen des schweren Mittelmeerwassers in das leichte Schwarze Meer-Wasser bedingten, ziemlich steilen Abfall dieser neutralen Zone in der Richtung zum Schwarzen Meer. Die Geschwindigkeit beider Ströme nahm zu in dem Maasse, als sie sich von ihrem Ausgangsorte entfernten. Der Oberstrom erreichte sein Maximum bei Constantinopel, der Unterstrom das seine beim Ausgang in das Schwarze Meer.

In den Dardanellen betrug die Tiefe der Grenze zwischen Oberstrom und Unterstrom etwas ausserhalb Chanak-Kalessi 10 *m*, im ersten Drittel der untersuchten eine grössere Breite als der Bosphorus aufweisenden Strecke 13 *m* und 11 *m*, am Ausgang der Dardanellen in das Ägäische Meer 16 *m*. Die geringe, übrigens nicht ganz constante Neigung der Grenzfläche zwischen den beiden übereinander befindlichen, specifisch verschiedenen schweren Wassermassen (in dem untersuchten, den Zugang zur engsten und tiefsten Stelle der Dardanellen bildenden Theil der Dardanellen) kann deshalb bestehen, weil

immerfort neues salzreiches Wasser aus dem Ägäischen Meer sich unter das aus dem Marmara-, beziehungsweise aus dem Schwarzen Meer kommende, salzarme obere Wasser in die Dardanellen hineinschiebt.

Das Eintreten von immer neuen Mengen salzreichen Wassers in die Dardanellen wird dadurch ermöglicht, dass die längs der Westküste Kleinasiens gegen Norden gerichtete Bewegung der Wassermassen, als ein Theil der Bewegung des gesammten Mittelmeerwassers, fortwährend neue Mengen Mittelmeerwasser zu den Dardanellen führt und auch bis zu einem gewissen Grade in die Dardanellen hineindrängt. Die Hauptursache des Einströmens dieses salzreichen Wassers in die Dardanellen, als Unterstrom derselben, ist darin zu suchen, dass dieses Wasser ungefähr in demselben Maasse in die Dardanellen und in das Marmara-Meer eingesaugt wird, als auf der anderen Seite des Marmara-Meeres im Bosphorus ein Hineinfallen von salzreichem Wasser in das salzarme Wasser des Schwarzen Meeres stattfindet.

Unter diesem Gesichtspunkt wäre die Kraft, welche den Unterstrom des Bosphorus und damit den der Dardanellen in Bewegung erhält, dieselbe Kraft, welche verhindert, dass sich das Becken des Schwarzen Meeres mit dem salzreichen Wasser des Mittelländischen Meeres vollfüllt. Nach dem oben Dargelegten wird eine Ansammlung von Mittelmeerwasser im Schwarzen Meer wahrscheinlich durch eine der kreisenden Bewegung des gesammten Wassers im Mittelmeer analoge Horizontalbewegung des gesammten Wassers im Schwarzen Meer verhindert.

Das aus dem Schwarzen Meer durch den Bosphorus in das Marmara-Meer kommende salzarme Wasser scheint sich nach dem Gesagten im Marmara-Meer oberflächlich auszubreiten, um dann, nur wenig salzreicher geworden, durch die Dardanellen in das Ägäische Meer abzufließen.

Bei einer Untersuchung des Marmara-Meeres musste es sich also in erster Linie um das Verhalten des Tiefenwassers unter dem zu erwartenden, durch das oben aufschwimmende salzarme Wasser bedingten Abschluss von der Atmosphäre handeln. Dann konnte sich ein Beitrag

ergeben zur Beantwortung der Frage, in wie weit die Art einer eventuell vorhandenen Bewegung des gesammten Wassers eines Meeres oder Binnensees für die chemischen, physikalischen und biologischen Verhältnisse dieses Meeres oder Binnensees entscheidend ist. Endlich war es möglich, dass sich weitere Anhaltspunkte finden zur Beurtheilung der gegenseitigen Beziehungen zwischen Festland und Meer. —

### Vorbereitungen zur Fahrt.

Zu Beginn des Jahres 1893 war geplant gewesen, in die für den Sommer desselben Jahres beschlossene, hauptsächlich das Ägaische Meer umfassende IV. Untersuchungsfahrt S. M. Schiffes »Pola« auch das Marmara-Meer einzubeziehen. Zu diesem Zwecke war bei der türkischen Regierung um die freie Durchfahrt durch die Dardanellen angesucht worden. Den abschlägigen Bescheid motivirte die türkische Regierung mit dem Hinweis darauf, dass sie kurz vorher ein analoges, von russischer Seite gestelltes Ansuchen zurückgewiesen habe, und unter dem Ausdruck des Bedauerns, dass es ihr daher unmöglich geworden sei, einer anderen Macht die Durchfahrt durch eine der beiden Meerengen für ein Expeditionsschiff freizugeben.

Infolge dessen wurde die Verwendung des gewöhnlich vor Constantinopel liegenden österreichisch-ungarischen Stationschiffes »Taurus« in Aussicht genommen.

Da es sich bei der Untersuchung der Tiefen des Marmara-Meeres, wie in der Einleitung hervorgehoben worden ist, zunächst um chemische Fragen handelte, vor Allem darum, ob diese Tiefen, sowie die des Mittelmeeres durch das Vorhandensein von Sauerstoff oder wie die des Schwarzen Meeres durch das von Schwefelwasserstoff charakterisirt sind, wurde ein Chemiker zur alleinigen Theilnahme an der Untersuchungsfahrt im Marmara-Meer aufgefordert.

Zunächst galt es zu erfahren, in wie weit und in welcher Art Tiefseeforschungen auf dem in Aussicht genommenen Schiffe vorzunehmen sind. Dieses Schiff ist bedeutend kleiner als das im östlichen Mittelmeer in Verwendung gestandene Expeditionsschiff, dem das Untersuchungsgeräthe entnommen werden sollte. Letzteres Schiff war ein Schraubendampfer,

diente gewöhnlich zu Transporten und hatte überdies, um Raum zu schaffen, während der einzelnen Expeditionen seine beiden Geschütze nicht an Bord. Das für das Marmara-Meer in Aussicht genomme Schiff war ein ursprünglich für die untere Donau gebauter Raddampfer mit fünf Schnellfeuergeschützen und hatte deshalb auf Deck viel weniger freien Platz zur Aufstellung von Tiefseemaschinen. Dafür bot dieses Schiff den Vortheil einer bedeutend grösseren Fahrgeschwindigkeit, so dass man Hoffnung haben konnte, die Untersuchungen im festgesetzten Zeitraum von acht bis zehn Tagen durchzuführen. Da die Tiefsee-Apparate bis Anfangs October auf S. M. Schiff »Pola« benöthigt wurden, blieb als früheste günstige Jahreszeit der Mai 1894 übrig. Zur Feststellung eines vorläufigen Programmes wurde eine an Bord zu geschehende Besprechung des Schiffcommandanten mit dem Schreiber dieser Zeilen vereinbart.

Um in den Meerestiefen zu arbeiten, standen auf S. M. Schiff »Pola« zwei Drahtseile, das eine von 10 *mm*, das andere von 4·5 *mm* Durchmesser, und ein Stahldraht von 0·9 *mm* Durchmesser in Gebrauch. Ursprünglich hatte die Absicht bestanden, im Marmara-Meer nur den Stahldraht in Anwendung zu bringen unter Benützung der Le Blanc'schen Lothmaschine. Diese Maschine hatte im östlichen Mittelmeer stets tadellos functionirt, war jedoch im Wesentlichen nur zur Vornahme von Lothungen verwendet worden, da die bei den Lothungen gerade erwünschte Dünnhheit des Drahtes allerdings ein Versenken und Wiederemporziehen von Thermometern und leichten Wasserschöpfapparaten gestattete, nicht aber ein solches von den üblichen schweren Schöpfapparaten oder gar von Fischereigeräthen. Die Untersuchungen im Marmara-Meer sollten mit Maschinen und Apparaten ausgeführt werden, welche möglichst leicht von Pola nach Constantinopel zu beschaffen und dort auf dem Schiffe zu installiren waren. Andererseits sollten diese Maschinen und Apparate ein möglichst vielseitiges Arbeiten gestatten, um nach verschiedenen Richtungen hin die in der Einleitung dargelegten Fragen einer Lösung näher führen zu können. Es schien sich darnach am meisten die Anwendung des 4·5 *mm* starken Drahtseiles zu empfehlen, die keine

besonders grosse maschinelle Anlage erfordert und die Vor-  
nahme von Lothungen, die Messung der Temperatur in den  
verschiedenen Meerestiefen, das Schöpfen grösserer Mengen  
Wassers, das Nachziehen eines Schwebenetzes und die Vor-  
nahme von Schleppnetzzügen auf dem Meeresgrund gestattet.  
Zur bequemen Anwendung dieses Drahtseiles, das im östlichen  
Mittelmeer hauptsächlich für Schwebenetze und für einen  
schweren Wasserschöpfapparat im Gebrauch gewesen war,  
musste so wie dort die aus starkem Eisenblech gefertigte Spule,  
welche das Seil (von 3000 *m* Länge) aufgewickelt trägt, mittelst  
einer Dampfwinde in Drehung versetzt werden können.

Als S. M. Schiff »Pola« nach Vollendung des grössten  
Theiles der für das Jahr 1893 im Ägäischen Meer gestellten  
Aufgabe am 1. September Nachmittags in die Dardanellen  
einfuhr, begab ich mich sofort an's Land, um einige Stunden  
später auf einem eben die Dardanellen passirenden griechischen  
Postdampfer weiterzufahren, welcher am nächsten Morgen vor  
Constantinopel anlangte. Bei der Besprechung auf S. M. Schiff  
»Taurus« erklärte sich der Commandant Herr Corvetten-  
Capitän E. Hermann bereit, die Untersuchungen im Marmara-  
Meer möglichst vielseitig zu gestalten. Da bei einem forcirten  
Arbeiten ein Reissen des Drahtseiles oder eine Beschädigung  
der für dasselbe benöthigten Dampfwinde leicht eintreten kann,  
wurde, um in einem solchen Falle wenigstens noch die Tem-  
peraturmessungen und das Wasserschöpfen fortsetzen zu  
können, die Mitnahme eines sofort in Gang zu setzenden  
Reserve-Apparates ins Auge gefasst. Als solcher empfahl sich  
die von Prof. Richter (Graz), ursprünglich für die Untersuchung  
von Binnenseen von einem Boote aus, construirte Lothmaschine  
mit Handbetrieb, welche im östlichen Mittelmeer auf dem Vor-  
castell S. M. Schiffes »Pola« installirt gewesen war. Dieselbe  
arbeitete mit dem 0·9 *mm* starken Stahldraht. Was die Ver-  
wendung des 4·5 *mm* starken Drahtseiles betrifft, so wurde  
zunächst an eine Verkuppelung der dasselbe tragenden Eisen-  
spule mit der einzigen vorhandenen Hilfsdampfmaschine, der  
kleinen Dampfmaschine der Kesselspeisepumpe gedacht. Sie bot  
den Nachtheil, dass sie sich im Maschinenraum, also unter  
Deck befand, was eine gleichzeitige Beaufsichtigung der an

ihr und der auf Deck und aussenbords vorzunehmenden Arbeiten vor und während der Verwendung des Drahtseiles zum Versenken und Heraufholen von Tiefseeapparaten erschwert hätte. Eine von dem Herrn Ersten Maschinisten ausgeführte Berechnung der Arbeitsleistung dieser kleinen Dampfmaschine schloss ihre Inanspruchnahme zu dem gedachten Zwecke aus. Da eine Übertragung der kleinen Dampfwinde, welche im östlichen Mittelmeer für das 4·5 mm starke Drahtseil im Gebrauch stand, nicht anging, weil sie als Aschenwinde ein Theil des dortigen Expeditionsschiffes war, da ferner Neuaustellungen ausgeschlossen erschienen, blieb nichts übrig, als die ursprünglich geplante Benützung der Le Blanc'schen Lothmaschine zu befürworten.

Am 6. September war ich wieder an Bord S. M. Schiffes »Pola« in den Dardanellen, ein paar Tage früher, als in Constantinopel und in Chanak die Cholera officiell zum Ausbruch kam. Die Kessel- und Maschinenreinigung war noch nicht beendet, und als am 9. September die Abfahrt von der Sari-Siglar-Bai der Dardanellen erfolgte, galt, wie wir erst später erfuhren, Chanak, von wo aus zuletzt noch die Verproviantirung stattgefunden hatte, für griechische Häfen als verseucht. Die drei Wochen vollen Gebundenseins an das Schiff benützte ich, um für die im nächsten Jahr in Aussicht genommene Untersuchung des Marmara-Meeres auf Grund der Besprechung mit dem Commandanten S. M. Schiffes »Taurus« aus den auf S. M. Schiff »Pola« verwendeten Apparaten und Geräthschaften Auswahl zu treffen, das Gewählte theilweise den zu erwartenden anderen Verhältnissen entsprechend umzugestalten und dann in Kisten zu verpacken. Vollkommen in Bereitschaft gebracht wurde vor Allem die Einrichtung des auf S. M. Schiff »Taurus« zu installirenden chemischen Laboratoriums. Die ersten Tage nach der Abfahrt von den Dardanellen machten die Vorbereitungen nur langsam Fortschritt, weil die ausgewählten Apparate und Geräthschaften noch bei den im nordwestlichen Theile des Ägäischen Meeres auszuführenden Untersuchungen in Verwendung standen. Volle Musse für diese Vorbereitungen war dagegen in der Quarantaine bei der Insel Delos. So kam es, dass beim Eintreffen in Pola die für die Untersuchung des

Marmara-Meeres nöthigen Behelfe im Ausrüstungsmagazin deponirt werden konnten. Die wenigen Stunden des Aufenthaltes in Pola dienten dazu, Anliegen vorzubringen, die dann von Wien aus officiell wiederholt wurden. Die Anliegen betrafen Reparaturen und Umgestaltungen, die mit Bordmitteln nicht auszuführen gewesen waren und die deshalb im Arsenal vorgenommen werden mussten. Die betreffenden Gegenstände wurden nach ihrer Fertigstellung ebenfalls in Kisten verpackt und zur Absendung nach Constantinopel bereit gestellt. Zum grössten Theil waren die Vorbereitungen unter der Voraussetzung gemacht, dass es gelingen werde, das 4·5 *mm* starke Drahtseil verwenden zu können.

Mittlerweile war wegen diplomatischer Bedenken das Zustandekommen der Untersuchungsfahrt im Marmara-Meer zweifelhaft geworden und blieb so bis Anfangs März 1894, um welche Zeit für die Abfahrt von Constantinopel zur Vornahme der Untersuchungen der 1. Mai festgesetzt wurde.

Da, wie aus der Einleitung dieser Schrift zu ersehen ist, die beiden das Marmara-Meer mit dem Ägäischen und Schwarzen Meer verbindenden Meerengen in Bezug auf ihre Tiefen und Strömungserscheinungen hinlänglich bekannt sind, wurde von einer weiteren Untersuchung dieser Meerengen ganz abgesehen, so dass die Nothwendigkeit einer Anfrage bei der türkischen Regierung entfiel.

Da durch die englischen Lothungen in den Jahren 1872, 1879 und 1880 an vielen Stellen des Marmara-Meeres die Tiefe desselben festgestellt worden ist, war einerseits an eine weitere Vornahme von Lothungen nicht gedacht worden und konnte andererseits jener Theil des Marmara-Meeres angegeben werden, welcher bei der Frage nach den chemischen und physikalischen Beziehungen zu den beiden Nachbarmeeren als besonders tief in erster Linie in Betracht kam. Es ist dies ein schmaler, ungefähr ein Drittel der Gesamtbreite des Marmara-Meeres einnehmender Wasserstreifen. Es wurde geplant, die Untersuchungen auf diesen schmalen Streifen des Meeres zu beschränken, derart, dass die über einander gelagerten Wasserschichten auf chemische Zusammensetzung, Temperatur und specifisches Gewicht geprüft werden sollten. Es wäre in diesem

Falle die zum Vergleiche, d. h. zu Schlussfolgerungen auf Bewegungserscheinungen im Gesamtgebiet des Marmara-Meeres nothwendige Untersuchung der seichteren Theile dieses Meeres, welche der Oberfläche nach vorherrschen, unterblieben. Ausserdem hätte über die Beschaffenheit des Grundes und über die Thiere der Tiefen Nichts in Erfahrung gebracht werden können.<sup>1</sup>

Die Schwierigkeit betreffs der Beschaffung einer Dampfwinde für die eiserne Spule mit 3000 *m* Drahtseil liess sich rasch beheben. Von der bisher beabsichtigten Aufstellung der Le Blanc'schen Lothmaschine wurde nämlich Abstand genommen, weil diese Lothmaschine auf S. M. Schiff »Pola« für die zoologische Untersuchungsfahrt in der Adria zu verbleiben hatte. Es wurde eine Dampfwinde derselben Art, wie sie auf S. M. Schiff »Pola« im östlichen Mittelmeer für die Arbeiten mit dem 4·5 *mm* starken Drahtseil gedient hatte, im Arsenal zu Pola zweckentsprechend hergerichtet, um provisorisch auf S. M. Schiff »Taurus« installiert zu werden. Sie stammte von S. M. Schiff »Tegetthoff«, auf dem sie bis zur Auswechslung der Niederdruckmaschinen durch Hochdruckmaschinen als Aschenwinde benützt worden war. Diese Winde wurde sammt den dazu gehörigen Röhren für Zu- und Ableitung des Dampfes und mit den übrigen schon im Herbst vorher im Arsenal zu Pola bereit gestellten Kisten nach Constantinopel befördert und dann an Bord des vor Constantinopel liegenden »Taurus« geschafft, wo mit der Installirung der Dampfwinde sofort begonnen wurde.

Etwas verzögert wurde der Beginn der Tiefseeforschungen im Marmara-Meer durch die Eröffnung eines, auch grossen Seeschiffen die Einfahrt gestattenden neuen Durchstiches an der Sulinamündung der Donau. Zugleich mit anderen Stationschiffen hatte »Taurus« an den Feierlichkeiten theilzunehmen. Bis zur Rückkehr nach Constantinopel war die Installirung der Dampfwinde beendet. Am 20. Mai zeitlich Früh konnte

---

<sup>1</sup> Von nicht militärischer Seite war die Befurchtung geäussert worden, dass sich von der Kriegszeit der Jahre 1877 und 1878 her noch Minen auf dem Grunde des Marmara-Meeres, besonders in seinen an die Meerengen grenzenden Theilen befänden, welche beim Absuchen des Meeresgrundes gefasst werden und dann explodiren könnten.

»Taurus« nach dem Ankerwerfen vor Constantinopel zu der durch den Bosphorusstrom erschwerten Vertäuung mit dem Lande die Mithilfe der Dampfwinde in Anspruch nehmen, was Verwunderung und Neid auf den benachbarten Stationsschiffen, dem englischen und russischen, erregte. Tags vorher war ich mit der Eisenbahn in Constantinopel eingetroffen. Weil die Rückkehr des »Taurus« einen oder zwei Tage später erwartet wurde, war ich am Sonntagmorgen des 20. Mai von der Galatabrücke nach Skutari, der am asiatischen Ufer gelegenen Vorstadt von Constantinopel, gefahren und hatte beim Auslaufen aus dem goldenen Horn zu meiner grossen Freude die bereits erfolgte Ankunft des »Taurus« bemerkt. Von Skutari aus ging es zwischen Häusern mit blühenden Schlingpflanzen und zwischen blühenden Obstgärten auf den 200 *m* hohen Berg Bulgurlu, von dem aus man Constantinopel und einen Theil des Marmara-Meeres überblickt. Ganz nahe ragten die Prinzen-Inseln, in der Ferne die Insel Kalo Limno daraus hervor, über der Südküste des Meeres zeigte sich der schneebedeckte kleinasiatische Olymp. Gegen Westen verschwammen Wasser und Himmel in einander. Montag, den 21. Mai begann auf S. M. Schiff »Taurus« die Bereitstellung der Tiefsee-Apparate und die Instandsetzung des chemischen Laboratoriums. Am 23. Mai Früh erfolgte die Abfahrt von Constantinopel. Bald darauf wurde Halt gemacht und in 1000 *m* Tiefe die Untersuchung des Marmara-Meeres begonnen.

#### **Angewandte Apparate und Untersuchungsmethoden.**

Die Tafeln III und IV zeigen den Längsschnitt und den Grundriss des Expeditionsschiffes, insoweit als dieselben geeignet sind, die Installirung der Dampfwinde für das Drahtseil zur Anschauung zu bringen. Auf Taf. III blieb die Rotationspumpe für Handbetrieb eingezeichnet, um die Orientirung über die Grössenverhältnisse zu erleichtern. Das Drahtseil lief von der mit der Dampfwinde verbundenen und durch diese in Umdrehung versetzten eisernen Spule zunächst über eine Rolle von bestimmtem Umfang. An dieser Rolle war ein Zählwerk angebracht, welches die Anzahl der über die Rolle laufenden Meter des Drahtseiles angab. Dann lief das Drahtseil, ebenfalls

unter einem rechten Winkel, über eine Rolle, deren Achsengabel unter Einschaltung eines Dynamometers mit einem festen Punkt des Deckes verbunden war. Dies ermöglichte eine Ablesung des Zuges, welcher auf das Drahtseil ausgeübt wurde. Von dieser Dynamometerrolle war das Drahtseil zu einer Rolle geleitet, welche sich am Ende des über Bord ausgelegten Ladebaumes befand. Von hier aus sank das Drahtseil in Folge seiner Schwere in das Meer, überdies gezogen von den an seinem Ende festgebundenen schweren Tiefsee-Apparaten. Das Drahtseil stammte aus der Fabrik der Compagnie anonyme des Forges de Chatillon et Commentry bei Paris und leistete Unglaubliches in Bezug auf Haltbarkeit und Biegsamkeit. Es liess sich wie ein Hanfseil knüpfen und aus den verworrensten Knäueln wieder unversehrt strecken. 100 *m* dieses Drahtseiles wogen 7 · 9 *kg*. Die Tragfähigkeit war 900—1000 *kg*. 42 verzinkte Stahldrähte waren in sechs Litzen um eine Hanfseele zu einem Seile gedreht.

Taf. V stellt die Dampfwinde sammt der eisernen Spule für 3000 *m* dieses Drahtseiles dar. Zu bemerken ist, dass sich die durch zwei eiserne Bolzen bewirkte Kuppelung *J* nicht ganz bewährt hat. Um möglichst rasch mit dem Versenken und Heraufziehen der Tiefsee-Apparate fertig zu sein, wurde meistens mit vollem Dampf gearbeitet, derart, dass das Deck, auf welchem die Winde aufgestellt war, in Schwingungen gerieth. Deshalb geschah es, dass die Kuppelungsbolzen öfters Schaden litten und durch neue ersetzt werden mussten.

Taf. VI zeigt in Fig. 1 die Vorrichtung, mittelst welcher auch im Marmara-Meer vergleichende Beobachtungen über das Eindringen des Sonnenlichtes im Meer angestellt wurden. Bei gleicher Sonnenhöhe und bei fast gleicher Klarheit der Luft wurde an verschiedenen Stellen des Meeres constatirt, bis zu welcher Tiefe die an einem eingetheilten Hanfseil versenkte weisse Scheibe (blanke Zinkscheibe) von  $\frac{1}{2}$  *m* Durchmesser sichtbar war. Die Beobachtungen geschahen im Schatten des Schiffes und immer durch Denselben, den Geschützmeister. Die Bestimmung der Sichtbarkeitsgrenze hat einen Werth, insoferne sie in erster Linie von den im Wasser suspendirten festen Theilchen beeinflusst wird. — Fig. 2 derselben Tafel gibt

das für die Durchfischung der zwischen Meeresoberfläche und Meeresgrund befindlichen Wassermassen verwendete Schwebnetz wieder, welches erst an Bord angefertigt worden war. Der aus einer Eisenstange hergestellte Rahmen hatte  $\frac{1}{2} m$  im Quadrat. Der rückwärtige Theil des äusseren Netzsackes war mit Musselin ausgekleidet, um auch ganz kleine Organismen und sonstige suspendirte feste Theilchen auffangen zu können. — In Fig. 3 ist das verwendete Grundnetz abgebildet, eine an Bord vorgefundene, von den Matrosen im Bosphorus benützte, gewöhnliche Austerndredsche. Um den Netzsack gespannt zu erhalten, war im rückwärtigen Theil desselben ein 15 *kg* schwerer Eisenkörper festgebunden. Eisenkörper derselben Art, sogenannte Oliven, an beiden Enden kleine, starke Ringe tragend, auf der einen Seite der Länge nach mit einer Rinne zum Einlegen eines Seiles versehen, waren bei dem Versenken eines jeden der beiden Netze am untersten Theil des Drahtseiles angebunden. Die Netze wurden so unabhängiger von dem schief nach oben gerichteten Zug des Drahtseiles, so dass sie leichter horizontal fischend wirken konnten. Zu beiden Seiten des Grundnetzes waren die bekannten Hanfquasten (Schwabber) befestigt, zwischen deren Strähnen und Fäden Grundtheilchen und auch Thiere hängen blieben. Die Länge des abgelassenen Drahtseiles war immer reichlich bemessen, damit das ausgehängte Netz gewiss auf dem Grunde, beziehungsweise in der gewünschten Zwischentiefe blieb, wenn es von dem in Bewegung befindlichen Schiff vorwärts gezogen wurde. Bei geringen Tiefen, ca. 50 *m*, in welchen bloss das Grundnetz verwendet wurde, war die Länge des abgelassenen Drahtseiles viermal so gross als die Tiefe, bei grossen Tiefen, ca. 500 *m* oder ca. 1000 *m*, war sie doppelt so gross als die Meerestiefe, beziehungsweise Fischtiefe. Bei geringen Tiefen wurde das Netz  $\frac{1}{2}$  Stunde, bei grossen Tiefen 1— $1\frac{1}{2}$  Stunden unten gelassen. Die Fischoperationen wurden immer zwischen zwei Beobachtungsstationen vorgenommen. Um das Schiff während seiner für das horizontale Fischen in der Tiefe nothwendigen Vorwärtsbewegung leicht im Cours zur nächsten festgesetzten Beobachtungsstation halten zu können, wurden die Netze nicht wie die übrigen Tiefsee-Apparate über den auf

dem Vordertheil des Schiffes seitwärts ausgelegten Ladebaum hinabgelassen, sondern vom achteren (rückwärtigen) Ende des Schiffes aus. Von der eisernen Spule der Dampfwinde war das Seil über die Rolle des Zählwerkes, dann über Deck längs der Bordwand gegen Achter geleitet, um über eine kleine Rolle, welche an der über der Bordwand auf eisernen Ständern horizontal gespannten Kette angebunden war, in das Meer zu laufen. Sobald die zur Abwicklung bestimmte Länge des Drahtseiles abgelaufen war, wurde das Seil festgebunden, so dass während des eigentlichen Fischens die Dampfwinde sammt den Leitrollen entlastet und jede Gefahr für die Mannschaft im Falle des Reissens des Drahtseiles ausgeschlossen war.<sup>1</sup> — Fig. 6 derselben Tafel stellt die nach Angaben des Schiffskommandanten, Herrn Corvetten-Capitäns E. Hermann an Bord angefertigte Lothvorrichtung dar. Sollte zwischen den schon von den Engländern ausgelotheten Punkten zur näheren Feststellung des Bodenreliefs die Meerestiefe bestimmt werden, so erwies sich eine Belastung von 16 oder 27 *kg*, wie sie bei Verwendung eines Loth-Drahtes üblich ist, als zu gering. Bei der Verwendung des dünnen Drahtseiles konnte damit das Anlangen des Lothes am Meeresgrunde nicht mit Sicherheit durch das Dynamometer angezeigt werden. Daraufhin wurden drei von den gusseisernen Lothkugeln (mit Loch zum Durchstecken des Belknap-Lothes und mit 2 Öhren zum Anhängen) im Gesamtgewichte von 59 *kg* zur Belastung des Seilendes benützt. Die drei Eisenkugeln wurden an dem oberen Theile eines Holzpfahles angesteckt und festgebunden. Der untere, 60 *cm* lange Theil dieses Holzpfahles war an drei Stellen seitlich angehackt worden, um durch Anbringen von Blechplatten Vertiefungen für die Aufnahme von Grundproben (lehmartigem Schlamm) zu schaffen. Das untere Ende des Holzpfahles war spitz zugehackt. Aus der Höhe, bis zu welcher diese Lothvorrichtung im Meeresgrunde eindrang, und daraus, ob die feine Holzspitze erhalten blieb oder nicht, konnte auf die Be-

---

<sup>1</sup> Um Grundproben, Muscheln etc. zu erhalten, bewährte sich an seichten Stellen und bei sandiger Beschaffenheit des Meeresgrundes sehr gut eine von Dr. J. Karlinski construirte kleine Grundzange.

schaffenheit des Meeresgrundes geschlossen werden. Vor Allem galt es zu erfahren, ob auf dem Meeresgrunde Steinkrusten vorhanden sind, wie sie für einige Theile des östlichen Mittelmeeres so charakteristisch sind. Solche, den Grundschlamm bedeckende Steinplatten wurden in den Tiefen des Marmara-Meeres nicht gefunden. Die Spitze des Holzpfahles der Lothvorrichtung blieb jedesmal erhalten, was nicht möglich gewesen wäre, wenn der Holzpfahl, als er, mit grosser Geschwindigkeit anlangend, auf dem Meeresgrunde aufsties, eine Steinfläche getroffen oder eine Steinplatte durchschlagen hätte. Überdies fanden sich Bruchstücke von Steinkrusten, die so leicht zu erkennen sind, weder in den krippenförmigen Vertiefungen des Holzpfahles, noch in der Messingröhre des Belknap-Lothes. Würde der Meeresgrund aus ganz lockerem, halbflüssigem, lehmartigen Schlamm bestehen, dann hätte die ganze, mit den 59 kg schweren Eisenkugeln belastete Lothvorrichtung sich in den Meeresgrund eingraben müssen. Wäre der lehmartige Schlamm des Meeresgrundes sehr zähe oder halbfest, dann wäre nur die unterste Spitze des Holzpfahles eingedrungen. Es ergab sich eine ziemlich grosse Lockerheit, ziemlich geringe Zähigkeit des Schlammes. Es drang nämlich jedesmal nicht nur der ganze, unter den Eisenkugeln befindliche, 60 cm lange Theil des Holzpfahles ein, sondern auch, wie man aus der Höhe der scharf abgeschnittenen Grenze des haftengebliebenen lehmartigen Schlammes ersah, die untere Hälfte der untersten Eisenkugel.<sup>1</sup>

Was die verschiedenen Arten des Wasserschöpfens betrifft, so wurde von der Meeresoberfläche mittelst eines, ein paarmal ausgespülten Kübels Wasser genommen, aus 5 und 10 m Tiefe mittelst einer geeignet hergerichteten Flasche von 1 l Inhalt heraufgeholt. Fig. 4 auf Tafel VI stellt diese zuerst auf der »Pommerania«-Expedition 1871 benützte Flasche dar.

---

<sup>1</sup> Neue Lothungen waren: 1225 m auf Station 9, 400 m auf Station 13, 775 m auf Station 15, 249 m auf Station 22, 1090 m auf Station 23, 835 m auf Station 24, 815 m in 28° 5' 0'' ö. L. v. Gr. und 40° 43' 55'' N. Br., 1356 m auf Station 29, 750 m in 27° 30' 45'' ö. L. und 40° 44' 15'' N. Br., 824 m in 27° 29' 15'' ö. L. und 40° 46' 32'' N. Br., 975 m in 27° 26' 45'' ö. L. und 40° 47' 15'' N. Br.

Der Korkstopfen der Flasche wird ziemlich fest aufgesetzt, die für das Versenken in 5 oder 10 *m* Tiefe nothwendige Länge des Hanfseiles in Windungen zusammengerollt, und der Rest des Seiles an der Bordwand festgebunden. Nun wird die Flasche sammt dem aufgerollten Seile in das Meer fallen gelassen, worauf, sobald das Seil gestreckt worden, also die Flasche die gewünschte Tiefe erreicht hat, durch den plötzlich eintretenden Zug ein Öffnen der Flasche erfolgt. Das Wasser fließt ein und verdrängt die Luft. Wenn keine Luftblasen mehr aufstiegen, wurde die Flasche noch einige Zeit unten gelassen, damit sie die Temperatur der betreffenden Wasserschicht annahm, und dann rasch heraufgezogen. Um die Flasche zu beschweren, war nicht wie sonst ein Bleiloth angehängt, sondern ein Bleiring festgebunden. Es war einer jener Bleiringe, welche in chemischen Laboratorien bei Destillationen aus dem Wasserbade zum Beschweren der Kochkolben dienen. Zum Schutze gegen das Zerschlagenwerden war die Flasche mit Spagat umflochten. — Fig. 2 *a, b* der Tafel VII zeigt den von H. A. Meyer für die »Pommerania«-Expedition construirten Tiefsee-Schöpfapparat. Dieser Apparat besteht im Wesentlichen aus zwei, durch Messingstangen verbundenen Ventilplatten und aus einem Mantelrohre. Das Mantelrohr ist beim Hinablassen des Apparates am oberen Ende desselben aufgehängt, derart, dass das Wasser frei circuliren kann. Die Art der Aufhängung des Mantelrohres ist verschieden, je nachdem ob der Apparat in Zwischentiefen oder knapp über dem Grunde Wasser schöpfen soll. Im ersteren Falle ist das Mantelrohr so aufgehängt, dass es zum Herabfallen auf die Ventilplatten durch ein längs des Seiles nachgesandtes Fallgewicht veranlasst werden kann, wozu die darüber angebrachte federnde Gabel dient. Im letzteren Falle findet die Auslösung automatisch beim Aufstossen des Apparates am Meeresgrunde statt. Um in diesem Falle gleichzeitig auch eine Grundprobe zu bekommen, ist unten mittelst eines Stieles ein flaches Metallgefäß befestigt, dessen Boden zwei nach einwärts gehende Klappenventile trägt und dessen Öffnung von einer am Stiele beweglichen Lederscheibe überspannt wird. In weitaus überwiegendem Masse wurde der Apparat für die Zwischentiefen verwendet. Nachdem der Apparat in die

gewünschte Tiefe versenkt war, wurde das Fallgewicht nachgleiten gelassen. Beim Anlegen des Fingers an das Drahtseil merkte man das durch das Hinabgleiten des Fallgewichtes veranlasste Vibriren des Seiles, dann fühlte man deutlich zuerst das Aufstossen des Fallgewichtes auf den Apparat und gleich darauf das dadurch bewirkte Aufschlagen des schweren Mantelrohres auf die Ventilplatten. Nachdem der Apparat wieder heraufgeholt worden, wurde zunächst ein kleiner, an der oberen Ventilplatte angebrachter Hahn geöffnet, um dann durch den unten angebrachten Hahn das geschöpfte Wasser, über 2 *l*, entleeren zu können. Bei den Untersuchungen im Marmara-Meere wurde, um Wasser aus der Tiefe zu erhalten, fast immer dieser Schöpfapparat angewandt. — Einigemale wurde der Sigsbee'sche Schöpfapparat benützt. Derselbe stellt eine Röhre dar, deren Enden durch zwei miteinander durch einen dünnen Stab verbundene und zusammen leicht bewegliche Metallscheiben verschliessbar sind. Beim Hinablassen des Apparates werden die beiden als Ventile wirkenden Scheiben durch den Widerstand des Wassers etwas gehoben, so dass Wasser durch die Röhre fließen kann. Beim Einholen des Apparates schliessen sich die Ventilscheiben wegen ihres eigenen Gewichtes und wegen des nun entgegengesetzten Widerstandes des Wassers und werden dann noch durch eine Schraube niedergedrückt, die durch einen kleinen Propeller in Gang gebracht wird. Der Apparat war aus vernickeltem Messing gefertigt. Er fasste nicht einmal  $\frac{1}{2}$  *l*. In der Fig. 3 der Tafel VII ist der Querschnitt des Apparates wiedergegeben. Der Apparat ist sehr leicht und gewährt den Vortheil, kein Fallgewicht zu brauchen. — Das in Fig. 5 der Tafel VI abgebildete Belknap-Loth drang mit einer Eisenkugel von 27 *kg* belastet in den Meeresgrund ein, wobei sich sein beiderseits durch Ventile verschliessbares Messingrohr zum Theil mit Grundprobe, fast immer lehmartigem Schlamm füllte. Wenn das untere Ventil beim Heraufziehen des Apparates an sich schloss oder durch lehmartigen Schlamm verstopft war, konnte ein Ausfließen von Wasser aus dem Rohre nicht stattfinden. Bei sandigem Grunde kam es einigemale vor, dass Sandkörnchen im unteren Ventile gelagert blieben, also ein Schliessen des Ventiles hinderten, was sich daran

zeigte, dass beim Überbordholen des Apparates etwas Wasser ausfloss. Wegen der ausschliesslichen Verwendung des 4·5 mm starken Drahtseiles während der Untersuchung des Marmara-Meeres war eine Entlastung des eigentlichen Lothes beim Heraufziehen desselben nicht nothwendig. (Bei Verwendung von Draht erzielt man diese Entlastung durch eine automatische Auslösung der gusseisernen Kugel auf dem Meeresgrunde.) Es wurde also die gusseiserne Kugel durch eine Schnur mit dem Lothe verknüpft. Um eine vollständigere Verdrängung des beim Anlangen des Apparates am Meeresgrunde im Rohre befindlichen, zumeist aus der obersten Meeresschicht stammenden Wassers zu erreichen, wurde der Apparat ein paarmal gehoben und wieder auf, beziehungsweise in den Meeresgrund fallen gelassen. Es wurde so eine grössere Menge des lehmartigen oder sandigen Schlammes und damit auch eine grössere Menge des in diesem Grundschlamme vorhandenen Wassers in das Messingrohr des Belknap-Lothes hineingepresst. Nach dem Heraufholen wurde die Eisenkugel abgebunden, das untere Ende des Rohres über ein Glasgefäss gehalten, hierauf zuerst das obere Ventil gelüftet, dann mit dem Finger das untere Ventil eingestossen, so dass der breiige Inhalt des Rohres herausfliessen konnte. Zuletzt wurde das Messingrohr in der Mitte auseinandergeschraubt und vollkommen entleert.

Was die Temperaturmessungen betrifft, so kamen dieselben an der Meeresoberfläche, sowie in 5 und 10 m Tiefe in der Art zur Ausführung, dass in die, mit Kübel oder Flasche unter Beobachtung der oben erwähnten Vorsichtsmassregeln geschöpften Wasserproben sofort nach dem Heraufholen ein mit sehr kleiner Quecksilberkammer versehenes und deshalb sehr empfindliches Thermometer eingesenkt wurde. Für die Tiefen des Marmara-Meeres wurde von der Verwendung der sonst so bequemen Maximum- und Minimumthermometer abgesehen, weil bei der eigenthümlichen Gestaltung des Bodenreliefs unter der Annahme einer Bewegung der gesammten Wassermasse wenigstens stellenweise ein Übereinandergeschobenwerden verschieden schwerer und verschieden warmer Wasserschichten zu erwarten war. Auch der Umstand, dass die Untersuchung des Marmara-Meeres im Mai stattfand, also zu einer Zeit, in welcher

die für die Sommermonate in manchen abgeschlossenen Meeren, wie im Mittelländischen Meere, charakteristische constante Abnahme der Temperatur von oben nach unten sich noch nicht voll eingestellt haben kann, musste von der Verwendung von Maximum- und Minimumthermometern abhalten. Endlich war an die Möglichkeit zu denken, dass, sowie im Schwarzen Meere in der warmen Jahreszeit, die Temperatur bis zu einer gewissen Tiefe abnimmt und dann bis in die grössten Tiefen wieder zunimmt. Es musste also ein Apparat verwendet werden, mittelst welchen die Temperatur in jeder beliebigen Wasserschicht bestimmt werden kann, unabhängig von den Temperaturen der darüber befindlichen Wasserschichten, durch welche sich der Apparat beim Versenken und Emporholen bewegt. Dieser Anforderung leistet das auf Tafel VII, Fig. 1, abgebildete Tiefseethermometer von Negretti und Zambra in London Genüge. Dasselbe ist ein Umkehrthermometer, bei welchem durch das in der gewünschten Tiefe erfolgende Umkehren des Thermometerrohres ein Reissen des Quecksilberfadens bewirkt wird. Beim Versenken des Thermometers befindet sich die cylinderförmige Quecksilberkammer unterhalb der engen, starkwandigen Thermometerröhre. Die Quecksilberkammer des Thermometers ist in der bei Tiefseethermometern üblichen Weise von einer luftdicht schliessenden, evacuirten Glashülle umgeben, um zu verhindern, dass beim Versenken in die Meerestiefe durch den Wasserdruck die Quecksilberkammer verkleinert, und so der Quecksilberstand in der Thermometerröhre erhöht wird. Diese Hülle ist zum Theile mit Quecksilber gefüllt, damit der Wärmeausgleich zwischen dem Meerwasser und der Quecksilberkammer des Thermometers beim Versenken des Apparates und beim Verweilen desselben in der gewünschten Meerestiefe rascher erfolgen kann. Oberhalb der Quecksilberkammer ist die Thermometerröhre an einer Stelle zuerst zu einer ganz feinen Capillare verengt, dann etwas erweitert, hierauf wieder etwas verengt, jedoch in geringerem Masse als unmittelbar über der Quecksilberkammer. Oberhalb der zweiten Verengung ist der calibrierte Theil der Thermometerröhre, an dessen Ende sich ein kleiner Raum befindet, der eben so gross ist als die Erweiterung über der Quecksilberkammer. Auf der Scala der Thermometer-

röhre sind die Grade in der Art aufgetragen, dass man vor dem Ablesen der Grade das auf eine bestimmte Temperatur gebrachte Thermometer vorerst umkehren muss. Die Folge dieses Umkehrens ist, dass der Quecksilberfaden an seiner dünnsten Stelle unmittelbar neben der Erweiterung der Thermometerröhre abreißt. In dem vollkommen luftleer gemachten Thermometerrohre sammelt sich die abgerissene Quecksilbermenge zum Theile in dem am Ende der Röhre befindlichen Raume an; der andere Theil des Quecksilbers füllt bis zu einem bestimmten Theilstriche die Thermometerröhre. Die Ablesung dieses Theilstriches ergibt in Graden Celsius jene Temperatur, welche dem Thermometer während des Umkehrens eigen war. Welche Temperatur das Thermometer seit dem Umkehren besass und während des Ablesens besitzt, bleibt für die Ablesung gleichgiltig. Die durch Temperaturänderung bewirkte Volumänderung der abgerissenen Quecksilbermenge kann die Höhe derselben nicht merklich beeinflussen. Wenn nachträglich aus der nunmehr oben befindlichen Quecksilberkammer wegen Temperatursteigerung ein wenig Quecksilber ausfließt, so wird dasselbe durch Adhäsion in der Erweiterung der Thermometerröhre zurückgehalten. In der Abbildung ist rechts das Thermometer für sich in seinen beiden Stellungen dargestellt, links der vollständige Apparat. Die Umkehrung des Thermometers in der Meerestiefe wird durch den oberhalb des Thermometers angebrachten Propeller veranlasst, welcher Propeller sich in Gang setzt, sobald man mit dem Heraufziehen des Apparates beginnt. Um ein verlässliches Functioniren der Umkehrvorrichtung zu erreichen, ist es nothwendig, den Apparat sehr rein zu halten und immer vor dem Versenken alle beweglichen Theile desselben reichlich einzuölen. Bei dem Hindurchstreichen des Apparates durch eine grosse Masse von alkalisch reagirendem Meerwasser ist sonst die Gefahr vorhanden, dass das Öl theils abgetrennt, theils aufgelöst wird. — Fig. 4 derselben Tafel zeigt die zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Meerwasserproben dienenden Behelfe. Die verwendeten, von Küchler in Ilmenau angefertigten, von Steger in Kiel in den Handel gebrachten Aräometer waren bei der Temperatur von  $17.5^{\circ} \text{C.} = 14^{\circ} \text{R.}$ , als der mittleren Zimmertemperatur geaicht. Ihre An-

gaben bezogen sich also auf destillirtes Wasser von derselben Temperatur. Es war ein Satz von fünf Stücken, deren Scalen zusammen von 1—1·031 reichten. Die Wassertemperatur wurde vor und nach der Aräometerablesung bestimmt, und aus den beiden, nur wenig von einander abweichenden Werthen das Mittel genommen. Die Bestimmungen des specifischen Gewichtes mittelst Aräometers wurden sämmtlich an Bord vorgenommen. Entweder geschah dies unmittelbar nach dem Wasserschöpfen oder nach einigen Stunden. In letzterem Falle wurden die Wasserproben zunächst in Flaschen gefüllt, an denen mit einem auf Glas schreibenden Farbestifte Stationsnummer und Schöpftiefe angemerkt wurden. Auf das specifische Gewicht wurden alle geschöpften Wasserproben geprüft.

Eine grosse Anzahl von Wasserproben, welche sich auf die verschiedenen Gebiete und Tiefen des Marmara-Meeres vertheilten, wurde in dem auf S. M. Schiff »Taurus« errichteten chemischen Laboratorium auf diejenigen Bestandtheile quantitativ geprüft, welche bei der Aufbewahrung der Wasserproben eine Änderung erleiden. Die Bestimmung dieser Bestandtheile ist, eben weil sie sich durch eine grosse Veränderlichkeit auszeichnen, von besonderem Werthe zur Beurtheilung der im Meere sich abspielenden chemischen Vorgänge. Fig. 5 der Tafel VII bringt den Plan des als chemisches Laboratorium benützten Raumes. Dieser Raum war kleiner als der, welcher mir durch vier Sommer im östlichen Mittelmeere auf S. M. Schiff »Pola« als chemisches Laboratorium gedient hatte, genügte jedoch bei der kurzen Dauer der diesmaligen Expedition vollkommen. Er zeichnete sich vor allem ebenfalls durch grosse Helligkeit aus, indem er durch drei kleine Seitenfenster und durch die offenstehende Thüre reichlich Licht erhielt. Ein weiterer Vortheil war der, dass der Boden dieser Kajüte in gleicher Höhe mit dem Verdecke des Schiffes lag, und dass der Raum selbst, als über dem Radkasten steuerbordachter befindlich, fast die Mitte der Schiffslänge einnahm. Von ihm aus waren alle Theile des Schiffes rasch zugänglich, was bei der Nothwendigkeit, oft zwischen den einzelnen chemischen Operationen Tiefseeapparate auf Deck zum Versenken herzu-

richten oder versenkt gewesene in Empfang zu nehmen, von grossem Werthe war.

Bei dieser Gelegenheit sei es mir gestattet, hervorzuheben, dass nur die zuvorkommende Art, in welcher der Herr Commandant und die Herren des Schiffsstabes sich an den Arbeiten beteiligten und die Mannschaft zu den Tiefseeoperationen heranzogen, es mir möglich machte, den allergrössten Theil der Zeit der Laboratoriumsarbeit zu widmen.

Wegen der günstigen Lage des als Laboratorium benützten Raumes dient derselbe sonst, wenn das Schiff in See ist, als Commandanten-Kajüte. Für die E. 1er der Tiefsee-Kreuzung unterblieb der Umzug aus den unter dem Achterdecke befindlichen Räumlichkeiten. Es konnte dies um so eher geschehen, als sich bei Tag der Herr Commandant fast nicht von der Brücke oder vom Deck entfernte, und als bei Nacht das Schiff, um Kohlen zu sparen, auf einer der Rheden der europäischen Seite oder in einer der Buchten der asiatischen Seite des Mar-mara-Meeres vor Anker lag.

Sowie im Laboratorium auf S. M. Schiff »Pola«, waren auch diesmal sämmtliche zumeist aus Glas bestehende chemische Apparate mittelst eiserner Klammern an circa 1 *cm* starken, als Stangen dienenden Eisenröhren (Gasröhren) vollkommen see-fest angeschraubt. An einigen Stellen des Laboratoriumsraumes waren kurze, circa 10 *cm* lange Stücke solcher Eisenröhren mittelst Eisenscheiben, in welchen das eine ihrer Enden steckte, an der Wand horizontal angebracht. Die Hauptmenge der Eisenröhren bildete auf dem 100 *cm* langen Schreibtische ein vollkommen festes Gerüste. Die unteren Enden der verticalen Eisenröhren dieses Gerüstes waren auf einem Brette angebracht, welches durch zwei Holzzwingen auf der Tischplatte festgehalten wurde. Einige horizontal laufende Röhrenstücke verbanden mittelst eiserner Muffen sämmtliche verticalen Röhren miteinander, bewirkten eine Versteifung des Gerüstes und dienten selbst auch zur Befestigung von Gegenständen mittelst Klammern. Zwei verticale Röhren reichten bis an die Decke der Kajüte und waren mit derselben fest verbunden. Dieses Gerüste war derart fest, dass die einzelnen Theile nicht in schwingende Bewegung gerathen konnten, und dass man sich

ungescheut daran festhalten konnte. Es trug dies zur Sicherheit der an ihm befestigten gebrechlichen Glasapparate bei und erleichterte das Arbeiten mit diesen Glasapparaten bei Seegang. In den Fächern des 85 *cm* langen Kastens waren kleine Geräthschaften untergebracht. Einige grosse Reagentienflaschen, sowie eine Anzahl von Literflaschen für Wasserproben waren in abgetheilten, niedrigen Kisten ohne Deckel eingestellt, die unter dem 100 *cm* langen Tische und auf dem Boden längs der 120 *cm* langen Schmalwand ihren Stand hatten.<sup>1</sup> Der 85 *cm* lange Kasten hatte die Höhe eines Stehpultes. Ein Theil der oberen Fläche dieses Kastens wurde als Schreibpult zu den Eintragungen der analytischen und sonstigen Beobachtungsdaten verwendet. Über dem anderen Theile dieser Fläche war in 4 *cm* Entfernung ein paralleles, dünnes Brett angebracht, aus dem runde Löcher zum Einstellen kleiner Reagentienflaschen ausgeschnitten waren. Zu demselben Zwecke war ein abgetheiltes Kistchen ohne Deckel an der Wand befestigt. An der 120 *cm* langen Schmalwand waren unterhalb des Fensters zwei Latten, in 20 *cm* Entfernung voneinander, horizontal angebracht. In der oberen Latte war eine Reihe von 8 runden Löchern ausgeschnitten, die untere trug unter diesen Löchern ausgestemmte runde Vertiefungen. In den Löchern und Vertiefungen dieser Latten waren die Futterale mit den Aräometern und dem dazugehörigen Thermometer, sowie die Tiefsee-Thermometer senkrecht eingestellt. Das ein Drittel des Raumes einnehmende Sopha war unter Tags recht geeignet, um Glasgegenstände und gerade nicht benützte, für die neuerliche Verwendung frisch geputzte Tiefseeapparate darauf niederzulegen. In der stumpfen Ecke zwischen dem Reservatstücke-Kasten und der 120 *cm* langen

---

<sup>1</sup> Grössere Kisten, von welchen eine den Vorrath von Literflaschen enthielt, eine andere bestimmt war zur Verpackung der mit Wasserproben gefüllten Flaschen, während die ubrigen zum Einlegen grösserer Apparate, vor Allem des Meyer'schen Schöpfapparates dienten, standen auf Deck. Leere Kisten und solche mit Reserveapparaten, darunter die Richter'sche Lothmaschine waren im Laderaum gestaut. Für das Montiren der Tiefseeapparate und für das Präpariren der gefangenen Thiere, wozu theils Alkohol, theils Formaldehyd verwendet wurde, war ein grosser Tisch auf dem Deck unter der Brücke aufgestellt.

Schmalwand hatte ich einen Klapp Tisch vorgefunden, dessen Platte den schmalen Rand eines zum Einstellen eines Waschbeckens dienenden kreisrunden Ausschnittes bildete. Durch Unterlegen eines Brettes wurde ein mit Randleisten versehenes Tischchen geschaffen, das sehr bequem war für die Untersuchung der Wasserproben mittelst Aräometers und für die sich oft daran anschliessende Bestimmung der ganz gebundenen Kohlensäure mittelst Methyloange als Indicator und mittelst titrirter Salzsäure, welche sich in einer oberhalb des Tischchens angebrachten Bürettenvorrichtung befand.

Was die chemischen Untersuchungsmethoden betrifft, so waren sie fast durchgehends dieselben wie diejenigen, welche ich bei den aus dem östlichen Mittelmeere stammenden Wasser- und Grundproben angewandt habe. Ich verweise diesbezüglich auf meine bisherigen Publicationen, insbesondere auf die I. und II. Abhandlung, und beschränke mich hauptsächlich auf die Wiedergabe einer Reihe von Apparaten und Vorrichtungen, welche in den früheren Publicationen gar nicht oder nur andeutungsweise beschrieben sind.

Tafel VIII enthält Apparate und Geräthschaften, welche sowohl an Bord S. M. Schiffes »Pola«, als auch an Bord S. M. Schiffes »Taurus« benützt worden sind. Fig. 1 stellt die in mehreren Exemplaren verwendete Bürettenvorrichtung dar, welche, da sie ganz aus Glas besteht, auch für die titrirte Lösung von übermangansaurem Kalium dienen konnte. Je nach der Stellung, die man dem rechtwinkelig durchbohrten Glashahne gibt, kann man die Titerflüssigkeit aus dem birnförmigen Vorrathsgefäss in die Bürette hinüberfliessen oder aus der Bürette zur Ausführung einer Titration herausfliessen lassen. Das obere Ende der Bürette war mit einer durch Baumwolle gedichteten Glaskappe bedeckt, am oberen Ende des birnförmigen Vorrathsgefässes war mittelst eines kurzen Kautschukschlauches eine gebogene, dünne Glasröhre, zum Theile mit Baumwolle vollgestopft, angesteckt. Bei dieser Art des Abschlusses war ein Hineingerathen von Meerwasser, das besonders während der Fahrten im östlichen Mittelmeere durch spritzende hohe Wellen öfters in das Laboratorium gelangte, ausgeschlossen. — Fig. 2 zeigt die Art, in welcher zur Prüfung

auf organische Substanzen in den Wasser- und Grundproben das Erhitzen mit titrirtem übermangansaurem Kalium vorgenommen wurde. Nachdem in einem Glaskölbchen die miteinander reagiren sollenden Stoffe zusammengebracht waren, wurden über den Hals des Kölbchens die Blechringe des Wasserbades geschoben, in welches Wasserbad dann das Kölbchen mittelst einer (nicht gezeichneten) Klammer eingehängt wurde. Um das Kölbchen lose zu verschliessen, wurde in seinen Hals ein hohler Glaskörper eingesenkt, dessen unterer Theil das Kölbchen beim Beginne des Halsansatzes so weit absperrete, dass ein Hinausdestilliren von Wasser und damit eventuell von flüchtigen organischen Substanzen unmöglich gemacht, und die Temperatur des Kölbcheninhaltes rascher bis  $100^{\circ}$  erhöht wurde. In dem Wasserbade befand sich nur so viel Wasser, dass damit die trichterförmige Verengung seines unteren Theiles kaum ausgefüllt war. Dieses Wasser wurde zum lebhaften Sieden durch eine kleine gläserne Weingeistlampe erhitzt, welche in einer festgeschraubten Blechtasse seefest eingestellt war. — Fig. 3 zeigt den Destillationsapparat, welcher zur Bestimmung des in Wasser- und Grundproben fertig vorhandenen oder ganz leicht abspaltbaren Ammoniak diente, sowie zur Bestimmung jenes Ammoniak, welches sich bei der Oxydation mit übermangansaurem Kalium aus dem stickstoffhaltigen, eiweissartigen Theile der organischen Substanzen bildet. Das Destillat wurde in einer mit  $10\text{ cm}^3$ -Marke versehenen Eprouvette aufgefangen. Destillirröhre und Eprouvette waren vor und bei Beginn der Destillation innen mit Wasser benetzt, so dass ein eventueller Verlust von gasförmigem Ammoniak ausgeschlossen war. Zum Vergleiche der Gelbfärbungen, welche bei Zugabe von Nessler'schem Reagens zu dem Destillate einerseits, zu Chlorammoniumlösungen von bekanntem Gehalte andererseits auftraten, wurden die verwendeten starkwandigen Eprouvetten mit  $10\text{ cm}^3$ -Marken in das durch Fig. 6 wiedergegebene Holzgestell eingehängt, unter welchem ein weisses Papier lag. — Zur Bestimmung des im Meerwasser gelösten Sauerstoffgases wurde zu der in einer  $254\text{ cm}^3$  fassenden Stöpselflasche enthaltenen Meerwasserprobe mittelst dünnstieliger, mit kurzen Kautschukschläuchen ver-

sehener Pipetten (Fig. 4), deren obere Kugel bei zu raschem Saugen den Mund vor dem Einsaugen der abzumessenden Flüssigkeit schützte, die alkalische Jodkalium- und die Manganchlorürlösung und später, nachdem der ganze Sauerstoff des Meerwassers an Mangan gebunden war, die concentrirte Salzsäure gegeben. So wurde Jod in einer dem Sauerstoffe des Meerwassers äquivalenten Menge frei gemacht. Die Menge dieses Jods wurde mit Hilfe einer titrirten Lösung von unterschwefligsaurem Natrium festgestellt. Um bei den Sauerstoffbestimmungen einen störenden Einfluss des Luftsauerstoffes auszuschliessen, wurde folgendermassen verfahren. Wie Fig. 7 zeigt, wurde aus dem Hahne des  $2\frac{1}{2}$  l fassenden Meyer'schen Schöpfapparates das Meerwasser mittelst eines Kautschukschlauches bis an den Grund einer Literflasche geführt, und dann, um das zuerst in die Flasche gelangte Wasser zu verdrängen,  $\frac{1}{2}$  l des Meerwassers über den Flaschenrand überfliessen gelassen. Um das überfliessende Meerwasser in einer anderen Flasche aufzufangen, wurden, sowie sonst zum Füllen der Flaschen, unzerbrechliche und leicht rein zu haltende Trichter aus lackirtem Papiermâché verwendet. Die Glasflaschen waren mit dem bekannten Fritzner'schen Verschlusse versehen, der aus zwei Drahtstücken und einem Porzellanknopfe mit Kautschukring besteht. Nach dem Aufsetzen des Porzellanknopfes auf die Flaschenmündung wird durch einen Druck auf die Drähte der Kautschukring bleibend an den Rand des Flaschenhalses angepresst. Die Flaschen hatten seitlich grosse, lackirte Papiernummern angeklebt. Überdies war immer dieselbe Nummer auf dem Porzellanknopfe eingebrannt. Diese Flaschen erwiesen sich zur Aufbewahrung der Meerwasserproben als äusserst geeignet und bequem. Diejenige Flasche, welche durch den Kautschukschlauch unter Überfliessen von Meerwasser das für die Sauerstoffbestimmung in Aussicht genommene Meerwasser aufgenommen hatte und ganz gefüllt war, wurde zunächst nicht verschlossen, vielmehr wurde in den Hals ein doppelt durchbohrter Kautschukstopfen eingesetzt, der in der einen Bohrung eine kurze, 4 mm weite Glasröhre, in der anderen eine ganz dünne, bis an den Grund der Flasche reichende Glasröhre trug. An der kurzen Glasröhre

war ein mit Quetschhahn versehener Kautschukschlauch angesteckt. Während des Augenblickes, in welchem der Kautschukstopfen in den Flaschenhals hineingedrückt wurde, wurde der Quetschhahn geöffnet, sodass sich nicht nur die beiden Glasröhren, sondern auch der Kautschukschlauch mit Meerwasser aus der Flasche anfüllte, dann sofort wieder geschlossen. Die so spritzflaschenartig montirte Flasche wurde nunmehr umgedreht und in einen mit Kautschuk ausgefütterten, horizontal befestigten Eisenring eingehängt. Sowie es Fig. 5 zeigt, wurde dann durch Öffnen des Quetschhahnes Meerwasser an den Grund der  $254\text{ cm}^3$  fassenden, für die Sauerstoffbestimmung dienenden Stöpselflasche geleitet und wieder überfließen gelassen. Das übergeflossene Wasser wurde selbstverständlich zu anderweitigen Untersuchungen verwendet. Da man bei Anwendung eines Quetschhahnes das Herausfliessen von Flüssigkeiten sehr leicht reguliren kann, wurden kleine Mengen Meerwasser, wie sie zu annähernd oder vollkommen genau bestimmten Raumtheilen bei den Prüfungen auf Schwefelwasserstoff, Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak etc. benöthigt wurden, ebenfalls der verkehrt eingespannten Literflasche entnommen. Es sei hier gleich bemerkt, dass Schwefelwasserstoff und Salpetersäure im Marmara-Meere ebensowenig gefunden wurden als im Mittelländischen Meere. — Zur vergleichenden Prüfung auf salpetrige Säure wurden Stöpselfläschchen immer in gleichen Verhältnissen mit circa  $20\text{ cm}^3$  Meerwasser und etwas Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure (1:3 verdünnt) ganz voll gefüllt und dann, um sie vor Sonnenlicht zu schützen, in passenden Cartonschachteln untergebracht. Nach einer und nach zwei Stunden wurde nachgesehen, ob und in welcher Stärke Blaufärbung aufgetreten war. — Es war von Interesse, eine grössere Anzahl von Wasserproben auf den Gehalt an gelösten kohlen-sauren Salzen zu prüfen. Das in das Marmara-Meer durch den Bosphorus einflussende Oberflächenwasser des Schwarzen Meeres enthält ja viel Flusswasser beigemengt und deshalb im Verhältnisse zum Chlor mehr kohlen-saure Salze (kohlen-sauren Kalk) als das reine Meerwasser, welches auf dem Grunde der Dardanellen aus dem Mittelmeere zuströmt. Es wurde zum Nachweise der ganz gebundenen Kohlensäure

in der Art vorgegangen, dass festgestellt wurde, wie viel Kubikcentimeter einer titrirten Salzsäure nothwendig waren, um die Kohlensäure aus den, in einem bestimmten Volum Meerwasser gelösten kohlensauren Salzen auszutreiben. Als Indicator diente dabei das von Lunge zunächst für technische Analysen vorgeschlagene Methylorange (Dimethylanilin-Diazobenzolsulfosäure), welcher Farbstoff nicht durch Kohlensäure, wohl aber durch Salzsäure verändert wird. Eine Lösung von 1 g der freien Farbstoffsäure war mit Ammoniak auf dem Wasserbade zur Trockene abgedampft, und der Rückstand in 1 l Wasser gelöst worden. 12 Tropfen dieser Farbstofflösung (aus einem gelben Tropffläschchen nach Traube und Kattentidt) wurden zu 300  $cm^3$  Meerwasser gegeben, das sich damit schwach gelb färbte. Dann wurde aus der Bürette die titrirte Salzsäure zufließen gelassen, bis eine deutliche Orangefarbe auftrat als Zeichen, dass bereits überschüssige Salzsäure zugesetzt war. Von vornherein war zu erwarten, dass bei dieser Art der Titration eine andere Anzahl von Kubikcentimeter titrirter Salzsäure verbraucht werden würde, als bei Anwendung eines anderen Indicators (Phenolphthaleïn), welcher ein Wegkochen der freigemachten Kohlensäure und ein Zurücktitriren der überschüssigen Salzsäure verlangt. Vergleichende Versuche lehrten, dass die Anzahl der bei ersterer Titration (mit Methylorange) zugesetzten Kubikcentimeter titrirter Salzsäure im Verhältnisse von 6 : 5·6 umzurechnen waren, um Werthe zu erhalten, welche mit denjenigen übereinstimmten, die sich bei Phenolphthaleïn und beim Zurücktitriren mit Barytwasser ergaben, und welche anzeigten, wie viel Kubikcentimeter titrirter Salzsäure wirklich nothwendig waren, um das Meerwasser, besser gesagt die in ihm an Kohlensäure gebundenen Basen zu neutralisiren. Während der Expedition wurden derartige vergleichende Versuche öfters ausgeführt und dazu der in Fig. 8 abgebildete Apparat benützt. Mit Hilfe einer kräftig wirkenden Berzelius-Lampe, deren Construction ein Herausfließen von Alkohol bei Schwankungen des Schiffes unmöglich machte, wurden die mit überschüssiger titrirter Salzsäure versetzten 300  $cm^3$  Meerwasser am Classen'schen Rückflusskühler unter zeitweisem Durchleiten eines Luftstromes  $\frac{1}{4}$  Stunde lang im Kochen erhalten. Der

Rückflusskühler wurde angewandt, um ein Entweichen von Salzsäuregas zu verhindern; er war auch insoferne nützlich, als er ein Überkochen des Kolbeninhaltes bei zu starkem Erhitzen verhinderte. Nach dem Erkalten wurde titrirtes Barytwasser zufließen gelassen, bis das mit der titrirten Salzsäure, als darin gelöst, hineingebrachte Phenolphthaleïn eine Rothfärbung bewirkte. — Mit einer einzigen Ausnahme reagirten alle Wasserproben aus dem Marmara-Meere alkalisch, enthielten also ebenso wie das Wasser des Mittelmeeres und des Oceans keine freie Kohlensäure. Wie ich im »historischen Rückblick« meines Schlussberichtes über das östliche Mittelmeer angeführt habe, ist im Meerwasser der grösste Theil der Kohlensäure zu Dicarbonat, der Rest zu Monocarbonat gebunden. Zur vergleichenden Prüfung auf dieses Monocarbonat, also auf die alkalische Reaction des Meerwassers, wurden die verschiedenen Grade der Rothfärbung benützt, welche sich bei den einzelnen Meerwasserproben einstellten, wenn zu  $5\text{ cm}^3$  Meerwasser in einer Eprouvette 5 Tropfen einer alkoholischen Lösung von Phenolphthaleïn ( $0.25\text{ g}$  in  $\frac{1}{4}\text{ l}$ ) gegeben wurden.

In den auf den Schiffen »Pola« und »Taurus« errichteten chemischen Laboratorien hatte ich jeweilig nur diejenigen Bestimmungen ausgeführt, deren sofortige Ausführung nothwendig ist wegen der in den Wasser- und Grundproben bei ihrer Aufbewahrung vor sich gehenden chemischen Reactionen und wegen der dadurch veranlassten Änderungen der betreffenden Bestandtheile. Der Laboratoriumsarbeit in Wien blieb die anderweitige Untersuchung vorbehalten.

Die von S. M. Schiff »Taurus«<sup>1</sup> nach Wien gesandten Wasser- und Grundproben wurden fast durchgehends nach

---

<sup>1</sup> Am 30. Mai 1894 Nachmittags ging »Taurus« vor Chanak-Kalessi in den Dardanellen vor Anker. Das Beobachtungsgeräth hatte keinerlei Schaden genommen. Sofort wurde mit dem Verschliessen der die Wasser- und Grundproben enthaltenden Kiste, mit dem Verlöthen der die zoologische Ausbeute bergenden Blechgefässe, mit dem Abrüsten der Tiefseemaschinen und Tiefseeapparate, sowie mit dem Verpacken derselben begonnen. Es handelte sich darum, die Ab- beziehungsweise Rücksendung an das See-Arsenal in Pola mit dem nächsten Postdampfer zu ermöglichen. »Taurus« hatte nach einem Aufenthalte von ein paar Tagen zu einer Kreuzung im Ägäischen Meer aus den

denselben Methoden und mit denselben Apparaten untersucht, wie die von den Reisen S. M. Schiffes »Pola« stammenden. Indem ich hier nochmals betreffs der gesammten chemischen Untersuchungsmethoden auf meine früheren Tiefseeabhandlungen verweise, brauche ich nur Einiges zur Erläuterung der auf Taf. IX gezeichneten Apparate und Geräthschaften zu sagen. Fig. 1 ist das verwendete Pyknometer. Bei  $17.5^{\circ}$  fasste es  $36.6698\text{g}$  destillirtes Wasser, auf den luftleeren Raum bezogen. Fig. 2 bringt die zur Bestimmung des bei  $175^{\circ}$  getrockneten Abdampfungsrückstandes benützten Behelfe. In die Glasschale *a* wurden  $20\text{ cm}^3$  Meerwasser (mit einer Pipette abgemessen) gebracht, mit der aufgeschliffenen Glasplatte *b* zugedeckt, genau abgewogen und auf einem Wasserbade zur Trockene abgedampft, wobei in üblicher Weise darüber ein Glastrichter angebracht war, von dessen schiefabgeschnittenem Röhrende ein kleines horizontales Platinblech den Staub abhielt. Die den Wasserbadrückstand enthaltende Schale wurde dann in einen V. Meyer'schen, mit Anilin beschickten Trockenschrank übertragen und darin durch 3 Stunden auf  $175^{\circ}$  erhitzt. Beim Anheizen des Trockenschrankes war jedesmal anstatt des als Rückflusskühler wirkenden geraden Glasrohres der rechts vom Trockenschrank gezeichnete kleine Destillirapparat angesteckt, um zunächst die im Anilin immer wieder vorhandenen (durch Oxydation desselben entstandenen), geringen Wassermengen wegzuschaffen, welche im Stande sind, die Heizkraft des Anilindampfes erheblich zu schwächen. Um den bei  $175^{\circ}$  getrockneten, ungemein hygroskopischen Abdampfungsrückstand des Meerwassers unter Ausschluss der Luftfeuchtigkeit zur Wägung zu bringen, wurde von dem noch voll geheizten Trockenschranke der Deckel abgenommen, und sofort auf die, den getrockneten Abdampfungsrückstand enthaltende Schale eine aufgeschliffene Glasplatte gelegt, welche in der Mitte durchbohrt war und daselbst ein luftdicht (mit Cement) aufgekittetes Glasrohr trug, welches zwischen Glaswolle Phosphorpentoxyd ent-

Dardanellen auszulaufen. Am 31. Mai gegen Abend schiffte ich mich auf einen die Dardanellen passirenden Postdampfer über, mit dem ich am nächsten Morgen, einem Freitag, wieder in Constantinopel anlangte, zeitlich genug, um dem Selamlık des Sultans beizuwohnen.

hielt (Fig. 2c rechts oben). Damit die Glasplatte beim Auflegen auf den heissen Rand der Schale nicht entzweisprang, wurde ihre Peripherie vor dem Auflegen mit einer Flamme erhitzt, wobei die mit Phosphorpentoxyd gefüllte Trockenröhre als Handhabe diente. Nachdem diese Glasplatte aufgelegt war, wurde erkalten gelassen, während welcher Zeit nur durch die Trockenröhre Luft in die Schale eintreten konnte. Sobald die Schale bis zur Zimmertemperatur erkaltet war, was durch Stellen der noch ziemlich heissen Schale auf ein Drahtnetz beschleunigt wurde, musste die Auswechslung der die Trockenröhre tragenden Glasplatte durch jene Glasplatte, mit welcher die Schale beim Abwägen des Meerwassers bedeckt gewesen war und welche zur Tara der leeren Schale gehörte, vorgenommen werden. Ohne dass dabei Luft zu dem hygroskopischen Schaleninhalte kam, konnte diese Auswechslung bequem vorgenommen werden, indem man die geradlinigen, aufeinander aufgeschliffenen Kanten der beiden Glasplatten, wie es die in Fig. 2 als Ansicht von oben gezeichnete Stellung von *b* und *c* zeigt, aneinanderlegte und dann die beiden Glasplatten zusammen horizontal über den Rand der Schale *a* verschob, um zuletzt die ganze Schale mit der Platte *b* bedeckt zu erhalten. Nunmehr konnte die Wägung des getrockneten Abdampfungsrückstandes vorgenommen werden. — Zur Bestimmung des Sulfatrückstandes wurde eine gewogene Menge Meerwasser in einer Platinschale mit überschüssiger Schwefelsäure versetzt, zuerst auf dem Wasserbade abgedampft, dann über freier Flamme erhitzt; zuletzt unter Zugabe von etwas kohlen-saurem Ammonium bis zur Rothgluth. Um bei dem Erhitzen über freier Flamme keine Verluste am Inhalte der Platinschale durch Verspritzen zu erleiden, war ein Dittmar'scher Deckel aufgelegt. In Fig. 3 stellt *a* die verwendete kleine Platinschale dar, welche für die ganze Mischung von Meerwasser und Schwefelsäure Platz bot, so dass ein Nachfüllen nicht nöthig war. *b* ist ein mittlerer Querschnitt des Dittmar'schen Deckels, welcher Querschnitt zeigt, wie unter dem kleinen Loche, das sich in der Mitte des eigentlichen Deckels befindet, eine kleine Scheibe angebracht ist. *c* und *d* zeigen die zur Herstellung dieses Deckels verwendeten, aus dünnem Platinbleche zugeschnittenen beiden Theile. Die vier

Blechstreifchen von *d* waren zuerst an der Peripherie der kleinen Blechscheibe rechtwinkelig aufgebogen worden, worauf von jedem Streifchen der grösste Theil, nämlich Alles, was sich mehr als 3 *mm* über der Blechscheibe befand, wieder horizontal gebogen wurde. Diese horizontalen Theile der vier Platinstreifchen wurden nun bei Weissgluth in der Gebläseflamme an das Platinblech *c* derart angeschweisst, dass die kleine Blechscheibe, sowie *b* zeigt, unter die Mitte des eigentlichen Deckels kam und dabei von den 3 *mm* langen Theilen der Blechstreifchen getragen wurde. Bei dem Schweissen wurde zum Aneinanderpressen der betreffenden Stellen der beiden Platinbleche als Zange ein stählerner Tasterzirkel benützt, dessen Form gestattete, bei jedesmaligem Kneifen einen starken, beiderseits senkrecht auf die Platinflächen gerichteten Druck auszuüben, ohne die Temperatur störend zu erniedrigen. Der so angefertigte Platindeckel bewährte sich bei allen Schwefelsäureabrauchungen sehr gut. — Zur Bestimmung des im Meerwasser in Form von Salzen vorhandenen Brom wurde festgestellt, welche Gewichtsabnahme der alles Brom und einen Theil des Chlor enthaltende Silberniederschlag beim Erhitzen im Chlorstrome erlitt. Um eine vollständige Fällung des Brom zu erreichen, wurden zu dem abgewogenen und filtrirten, in einer Stöpselflasche befindlichen Meerwasser ( $\frac{1}{2}$  *l*) zuerst unter starkem Umschwenken der Stöpselflasche 100 *cm*<sup>3</sup> einer angesäuerten Silberlösung, im Liter 17 *g* AgNO<sub>3</sub> und 20 *cm*<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> enthaltend, gegeben und bei verschlossener Flasche 5 Minuten lang tüchtig umgeschüttelt, wodurch die Hauptmenge des Brom zur Fällung gebracht wurde. Nachdem dann die Flüssigkeit in der Flasche zur Ruhe gekommen, wurden nochmals 100 *cm*<sup>3</sup> der angesäuerten Silberlösung hinzugefügt; diesmal wurde jedoch die Flasche nur insoweit umgeschwenkt, als nothwendig war, damit sich die Flüssigkeiten mischten. Dadurch wurde bewirkt, dass ein fast nur aus Chlorsilber bestehender Niederschlag während mehrerer Stunden in der ganzen Flüssigkeit fein vertheilt blieb, ihm also die Möglichkeit geboten war, durch Umsetzung zu Bromsilber die letzten Reste von Brom herauszunehmen. Nach 24 Stunden wurde der gesammte Niederschlag durch Decantiren gewaschen, wobei er zuletzt in eine Glas-

schale gespült wurde, in welcher er unter Ausschluss des Sonnenlichtes bei  $100^{\circ}$  getrocknet wurde. Dann wurde er in ein kleines Kugelrohr aus Kaliglas übertragen, darin im trockenen Luftstrome geschmolzen, dann gewogen; hierauf wurde er in einem Strome von trockenem Chlorgas  $\frac{1}{2}$  Stunde lang geschmolzen, erkalten gelassen und wieder gewogen. Zum Schmelzen des Silberniederschlags im Chlorstrome, beziehungsweise im Luftstrome, diente der in Fig. 4 dargestellte Apparat. Um den Silberniederschlag vor der ersten Wägung im trockenen Luftstrome zu schmelzen, wurde das ihn enthaltende Kugelrohr *a*, wie es das punktirt gezeichnete angibt, einerseits an die mit etwas concentrirter Schwefelsäure beschickte Waschflasche *c* angesteckt, anderseits durch den punktirt gezeichneten Kautschukschlauch mit dem unteren Theile des später zur Absorption des Chlor gebrauchten Natronkalk-Thurmes verbunden. Um einen langsamen Luftstrom durch das Kugelrohr während des Erhitzens der Kugel zu leiten, war das obere Ende des Thurmes durch einen Kautschukschlauch mit dem horizontalen Ansatzröhrchen eines verticalen Glasrohres verbunden, durch welches Wasserleitungswasser floss, und welches mithin als Aspirator wirkte. Nach dem Wägen wurde das Kugelrohr an die ebenfalls mit Schwefelsäure beschickte Waschflasche *d* des Chlorentwicklungsapparates angesteckt, während mit Hilfe desselben Kautschukschlauches wie früher die Verbindung mit dem unteren Theile des Natronkalk-Thurmes hergestellt wurde. Nachdem unter öfterem Drehen des Kugelrohres sein Inhalt  $\frac{1}{2}$  Stunde lang durch die untergestellte Gasflamme im Chlorstrome zum Schmelzen erhitzt worden war, wurde das Kugelrohr rasch von der Waschflasche *d* abgenommen, wieder an die Waschflasche *c* angesteckt und in derselben Art wie früher trockene Luft durchgeleitet, um das Chlor zu verdrängen. Damit das vom geschmolzenen Chlorsilber gelöste Chlor vollkommen abgegeben wurde, liess ich die zugleich mit dem Anstecken des Kugelrohres an *d* untergestellte Gasflamme unter Drehen des Kugelrohres  $\frac{1}{2}$  Minute lang brennen. Dann wurde die Gasflamme abgedreht und das Kugelrohr im trockenen Luftstrome erkalten gelassen. Um von dem nach Abnahme des Kugelrohres aus der Waschflasche *d* ausströmenden Chlor nicht belastigt zu

werden, war an diese Waschflasche rasch das bisher mit einem Stopfen verschlossene Glasrohr *b* angesteckt worden, welches durch einen eigenen Kautschukschlauch mit dem unteren Theile des Natronkalk-Thurmes in Verbindung stand. Da in der Waschflasche *d* die Schwefelsäure höher reichte als in der Waschflasche *c*, wurde vom Aspirator die Luft nur durch die Waschflasche *c* eingesaugt. Um dieselbe Beschickung (5 Th. Braunstein, 6 Th. Kochsalz und Schwefelsäure — 10 Th.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mit 8 Th.  $\text{H}_2\text{O}$ ) des Chlorentwicklungskolbens zu mehreren Operationen benützen zu können, wurde der weiteren Entwicklung von Chlor durch Abkühlen des Kolbens Einhalt geboten. — Fig. 5 zeigt den im Wesentlichen nach Classen zusammengestellten Apparat, welcher zur Bestimmung der Kohlensäure in den Grundproben diente. Zu der im kleinen Kochkolben abgewogenen Substanz (mit Wasser gewaschene, lufttrockene Grundprobe) wurde zunächst kohlenstoffsaurefreies, destillirtes Wasser gegeben, bis der Kochkolben halbvoll war, worauf dieser am Rückflusskühler angesteckt wurde. Um die durch das obere Ende des Rückflusskühlers später entweichende Kohlensäure zu trocknen, war ein Glasperlen und concentrirte Schwefelsäure enthaltendes Péligot'sches Rohr, um sie zur Absorption und Wägung zu bringen, ein Liebig'scher Kaliapparat vorgelegt. Durch einen am Ende des Apparates angesetzten Aspirator wurde jede bedeutende Druckzunahme im Kochkolben bei der Zersetzung der Grundprobe durch Salzsäure und beim Aufkochen vermieden. Aus dem Trichterrohre *a* wurde durch Lüften des darunter angebrachten Quetschhahnes die Salzsäure (spec. Gew. 1·12) zufließen gelassen, durch das Natronkalkrohr *b* konnte kohlenstoffsaurefreie Luft einströmen.

Als Ergänzung des in meinen früheren Abhandlungen Gesagten führe ich noch Folgendes an: Bei den Meerwasser-Analysen wurde das zum Behufe der Schwefelsäurebestimmung ausgefällte Baryumsulfat einmal mit verdünnter Salzsäure und dreimal mit destillirtem Wasser ausgekocht, um bei der Fällung mitgerissene fremde Salze zu entfernen. Damit sich bei den auf die einzelnen Auskochungen folgenden Filtrationen klare Filtrate ergaben, war es nothwendig, vor der Filtration unter zeitweisem Umschwenken, durch Einstellen des Becherglases in

kaltes Wasser, abzukühlen. Wahrscheinlich ist Baryumsulfat in heissem Wasser etwas löslich. — Bei den Grundproben-Analysen wurde das mittelst Ammoniak erhaltene Gemenge von Thonerde und Eisenoxyd nach dem Glühen und Wägen in einer Achatreischale zerrieben und in ein Porzellanschiffchen gebracht, um dann im Wasserstoffstrome stark geglüht zu werden. Damit nach dem Glühen und Erkalten das im Porzellanschiffchen neben unveränderter Thonerde vorhandene feinvertheilte metallische Eisen bis zur Wägung und während derselben keine Gelegenheit fand, sich auf Kosten des Luftsauerstoffes zu oxydiren, wurde das Porzellanschiffchen aus der Wasserstoffatmosphäre des schwer schmelzbaren Glasrohres, in welcher es geglüht worden und erkaltet war, sofort in eine Kohlensäureatmosphäre übertragen. Es geschah dies einfach in der Art, dass vor die Mündung der mit Wasserstoff gefüllten Glasröhre vor dem Öffnen derselben ein mit Kohlensäure gefülltes Wägeröhrchen schief hingehalten wurde, in welches das aus der Glasröhre rasch herausgezogene Schiffchen sofort hineingleiten gelassen wurde. Um dabei in das Wägeröhrchen gelangte kleine Luftmengen wieder zu entfernen, wurde unmittelbar darauf abermals trockene Kohlensäure in das schief gehaltene Wägeröhrchen eingeleitet, und dann der eingeriebene Glasstopfen aufgesetzt. Damit die nun auszuführende Wägung vergleichbar war mit der vor dem Glühen im Wasserstoffstrome ausgeführten Wägung, hatte auch schon bei dieser Wägung das Wägeröhrchen mit Kohlensäure gefüllt sein müssen.

Ich gehe nun zur Besprechung der beobachteten That-sachen und Erscheinungen über.

### **Specifisches Gewicht (Salzgehalt) der Wasserproben.**

Die vier Tabellen I *a-d* geben die zur Charakteristik der einzelnen Beobachtungsstationen, welche in der Karte auf Taf. I eingezeichnet sind, dienenden Daten an und gewähren so einen Einblick in den Verlauf der Untersuchungsfahrt.

Als Hauptsachen enthalten diese Tabellen die Seetemperaturen *t* und die mittelst Aräometers bestimmten specifischen Gewichte der Wasserproben.

Die mit  $S \frac{17.5^\circ}{17.5^\circ}$  überschriebenen Columnen bringen in üblicher Weise die specifischen Gewichte in einer miteinander vergleichbaren, d. h. von den im Meere herrschenden Temperatur- und Druckverhältnissen unabhängigen Form. Aus den Aräometerangaben und den dazugehörigen Temperaturen waren mit Hilfe einer von E. Stahlberger empirisch angefertigten Tabelle<sup>1</sup> jene specifischen Gewichte berechnet worden, welche direct abgelesen worden wären, wenn die Aräometerbeobachtungen bei der Normaltemperatur von  $17.5^\circ \text{ C.} = 14^\circ \text{ R.}$  vorgenommen worden wären. Mit Hilfe derselben Tabelle haben die Reductionen der Pyknometerwägungen von Wasserproben aus dem Marmara-Meere, sowie vorher aus dem östlichen Mittelmeere stattgefunden.

Die als  $S \frac{17.5^\circ}{17.5^\circ}$  das Gewichtsverhältniss des Meerwassers von  $17.5^\circ$  zu destillirtem Wasser von  $17.5^\circ$  anzeigenden specifischen Gewichte wurden in den Tabellen direct eingesetzt, dienten jedoch auch, sowie sonst zur Ermittlung des Salzgehaltes, ausgedrückt in Percenten des Meerwassers. Zu diesem Zwecke wurde das um 1 verminderte specifische Gewicht mit dem sich für alle Meere fast ganz gleichbleibenden Coëfficienten 131 multiplicirt. Auf den Blättern der Tabelle I sind die so berechneten Salzgehalte in den vorletzten Columnen angeführt.

Zur Umwandlung der mittelst Aräometers bestimmten und zum Vergleiche auf  $17.5^\circ$  reducirten specifischen Gewichte in normale specifische Gewichte  $S \frac{t^\circ}{4^\circ}$  wurde eine von G. Schott<sup>2</sup> zusammengestellte Tabelle benützt. Dabei wurden diejenigen Zahlen erhalten, welche das Gewichtsverhältniss anzeigen, in welchem die betreffenden Meerwässer bei der ihnen an der

<sup>1</sup> Zweiter Bericht der Adria-Commission an die kais. Akademie der Wissenschaften. Wien 1871, S. 91.

Eine ebenfalls zur Reduction der Aräometerangaben auf die Normaltemperatur von  $17.5^\circ$  dienende graphische Tafel hat Krümmel veröffentlicht. Annalen der Hydrographie, 1890.

<sup>2</sup> Ergänzungsheft 109 zu Petermann's Mittheilungen. 1893.

Schöpfstelle, Meeresoberfläche oder Meerestiefe, eigenen Temperatur zu destillirtem Wasser von 4° C. standen. Diese Zahlen sind in den Tabellen I angeführt und wurden dazu verwendet, um unter Berücksichtigung der Zusammendrückbarkeit des Meerwassers die wahren specifischen Gewichte festzustellen. Hiefür wurden, da sich nun die Unsicherheiten aller Reductionen anhäuferten, nur drei Decimalstellen beibehalten. Die in den Tabellen als  $S \frac{t^\circ}{4^\circ}$  beim Drucke in der Tiefe« eingesetzten Werthe zeigen die wahren specifischen Gewichte an. Bei ihnen ist auf die im Meere herrschenden Temperatur- und Druckverhältnisse Rücksicht genommen.

Um zu beurtheilen, inwieweit die übereinander befindlichen Wasserschichten des Meeres oder die nebeneinander befindlichen Wassermassen benachbarter Meerestheile sich in stabilem oder labilem, in hydrostatischem oder hydrodynamischem Gleichgewichte befinden, ist die Verwendung der wahren specifischen Gewichte nothwendig.

Um Vergleiche über den Grad der Verdünnung des Meerwassers in verschiedenen Gebieten und Tiefen durchzuführen, empfiehlt es sich, von den wahren specifischen Gewichten abzusehen und ohne Rücksicht auf Temperatur und Druck diejenigen Werthe zu verwenden, auf welche bloss der Salzgehalt des Meeres Einfluss übt. Es sind dies die specifischen Gewichte  $S \frac{17.5^\circ}{17.5^\circ}$ .

Im Folgenden werden zunächst die Werthe  $S \frac{17.5^\circ}{17.5^\circ}$  oder die aus ihnen berechneten Percente des Salzgehaltes in Betracht gezogen.

Von der Meeresoberfläche sind auf allen 44 Beobachtungsstationen S. M. Schiffes »Taurus« im Marmara-Meere Wasserproben genommen und mittelst Aräometers auf das specifische Gewicht geprüft worden<sup>1</sup>. Die erhaltenen Werthe zeigen, dass

<sup>1</sup> Würde die Hauptmenge des Wassers im Becken des Marmara-Meeres stille stehen, dann wäre zu erwarten, dass — entsprechend dem durch die Erdrotation bei Strömungen jedweder Art und Richtung auf der nördlichen Erdhälfte veranlassten Bestreben nach rechts zu drängen — das in der

das Oberflächenwasser des Marmara-Meeres durchaus, wenn auch wenig, salzreicher ist als das Oberflächenwasser des

---

Tiefe der Dardanellenstrasse einströmende salzreiche Mittelmeerwasser vorwiegend die oberen Schichten des südlichen und das durch den Bosphorus einströmende salzarme Schwarze Meer-Wasser vorwiegend die oberen Schichten des nördlichen Theiles des Marmara-Meeres durchzieht.

Bisher nahm man in der That auf Grund einiger älterer Angaben über Dichtebestimmungen an, dass das Wasser im südlichen Theile des Marmara-Meeres an der Oberfläche und in geringer Tiefe salzreicher sei, als das im nördlichen Theil. Es haben sich diesbezüglich in die Originalarbeit Marcet's (Philosophical Transactions for 1819, p. 172) und daraus dann in noch erhöhtem Masse in die vielen auf einander folgenden Referate und Citate (Gilbert's Annalen 1819, Physikalisches Wörterbuch 1837, Bischof's chemische und physikalische Geologie 1864, Roth's allgemeine und chemische Geologie 1879, etc.) Versehen eingeschlichen. Marcet hat die betreffenden Wasserproben von Sir Liston, dem damaligen grossbritannischen Gesandten in Constantinopel erhalten, der sie im Jahre 1812 hatte schöpfen lassen. Die an ihnen ausgeführten Dichtebestimmungen hat Marcet, zugleich mit solchen an Wasserproben aus den verschiedensten Meeren, als auf das Marmara-Meer bezüglich veröffentlicht. Aus den in der Originalabhandlung Marcet's angeführten Angaben Liston's über die beiden Schöpfstellen ergibt sich, dass die betreffenden Wasserproben nicht aus dem Marmara-Meere selbst, sondern aus den Eingängen der beiden zu diesem Meere führenden Strassen stammten. In den Referaten und Citaten sind die Angaben Liston's, welche die leichteren Wasserproben ohne Zahlen für geographische Länge und Breite, als am Nordeingang des Bosphorus geschöpft bezeichnen, nicht enthalten. Die geographische Breite des anderen Punktes ist unrichtig wiedergegeben, indem der Werth 40, 5 N. des Originales nicht als 40° 5' N., sondern als 40° 30' N. erscheint. Die Tiefe des Meeresgrundes an den beiden Punkten, von welchem Liston mittelst eines ihm von Marcet zugesandten Ventilapparates Wasserproben hatte emporholen lassen, ist im Original mit 30, beziehungsweise 34 englischen Faden, in den Citaten meist in Fuss angegeben. In einem Citat scheinen die dort angegebenen grossen Tiefen von 350—400 m durch eine beim Ausrechnen in Metern unterlaufene Verwechslung von Fuss mit Faden zu erklären zu sein. Die späteren Citate bringen die von Muncke für das physikalische Wörterbuch berechneten Werthe  $S_{\frac{1}{4}}^0$ . In der Originalarbeit sind für die Liston'schen Wasserproben die durch Vergleich der Gewichte von Meerwasser und von destillirtem Wasser bei Zimmertemperatur erhaltenen Werthe, also annähernd  $S_{17.5}^{17.5}$  angeführt, und zwar: Für das Oberflächenwasser des nördlichen Punktes (vier Seemeilen ausserhalb des Nordeinganges des Bosphorus, also im Schwarzen Meer) 1.0133, für das Bodenwasser daselbst 1.0144. Für das Oberflächenwasser des südlichen Punktes (Eingang der Dardanellen vom Mittelmeer aus) 1.0203, für das Bodenwasser daselbst 1.0282. Diese Werthe stimmen überein mit jenen Werthen, welche in jüngster Zeit im

Schwarzen Meeres. Da eine Verdunstung von Wasser im Marmara-Meere bis Ende Mai gewiss nur in geringem Masse stattgefunden hat, so ist dieser höhere Salzgehalt des Oberflächenwassers im Marmara-Meere ein Beweis, dass das durch den Bosphorus aus dem Schwarzen Meere eingeflossene salzarme Wasser eine mehr oder weniger weit gehende Vermischung mit dem auf dem Grunde der Dardanellenstrasse eingeflossenen salzreichen Wasser des Mittelmeeres erfahren hat. Diese Vermischung kann zum Theile während des Durchfließens durch den Bosphorus, über dem in das Schwarze Meer einfließenden Strome salzreichen Wassers, zum Theile im Marmara-Meere selber stattgefunden haben.

In welchem Grade die Durchmischung der beiden durch den Salzgehalt von einander unterschiedenen Wassermassen aus dem Mittelmeere und aus dem Schwarzen Meere stattgefunden hat, lässt sich aus dem Betrage entnehmen, um welchen bei den einzelnen Wasserproben die specifischen Gewichte von den für das Mittelmeer und für das Schwarze Meer geltenden specifischen Gewichten abweichen. Für das auf der einen Seite in Betracht kommende Oberflächenwasser des Schwarzen Meeres gilt als specifisches Gewicht ein Werth, der durchschnittlich gleich  $1 \cdot 013$  ist. Für das auf der anderen Seite in Betracht kommende Tiefenwasser des Ägäischen, beziehungsweise Mittelländischen Meeres, gilt als specifisches Gewicht ein Werth, der etwas kleiner als  $1 \cdot 030$  ist.

Diese Schlussfolgerung auf den Grad der Durchmischung setzt voraus, dass das Oberflächenwasser des Marmara-Meeres als Ganzes und in seinen Theilen weder durch Verdunstung salzreicher, noch wegen Empfang atmosphärischer Niederschläge salzärmer geworden ist. Für die Expeditionszeit, Ende Mai, mag diese Voraussetzung bis zu einem gewissen Grade zulässig sein. Übrigens wird voraussichtlich eine Abhängigkeit des Salzgehaltes von dem Wasseraustausche zwischen Meeresoberfläche und Atmosphäre umsoweniger vorhanden

---

Schwarzen Meer an Bord des »Tschernomoretz« und im Eingang der Dardanellen an Bord der »Pola« an der Wasseroberfläche und in den betreffenden Tiefen festgestellt worden sind.

sein, je grösser die Meerestiefe ist, die in Untersuchung gezogen wird. Es ist also unter obiger Voraussetzung zulässig, die spezifischen Gewichte der verschiedenen Theile des Oberflächenwassers in der Erwartung zu vergleichen, Aufschluss darüber zu erhalten, inwieweit dem im Oberflächenwasser jedenfalls vorwaltenden Wasser aus dem Schwarzen Meere Wasser aus dem Mittelmeere beigemischt ist.

Vorerst ist jedoch speciell für das Oberflächenwasser noch ein anderes Bedenken zu berücksichtigen. Nämlich das, ob nicht durch Winddrift ein derart rasches Weggeschobenwerden von Oberflächenwasser veranlasst wird, dass nicht horizontal benachbartes Wasser, also wieder Oberflächenwasser, sondern ein darunter befindliches, salzreicheres Wasser zur Ausfüllung des früher vom weggeschobenen salzarmen Wasser eingenommenen Raumes zufließt. Nach dem in der Einleitung Gesagten ist die Wahrscheinlichkeit eines solchen Aufquellens von Tiefenwasser in dem kleinen Marmara-Meere von vornherein nicht sehr gross. Während der Tiefsee-Kreuzung S. M. Schiffes »Taurus« bot sich einmal Gelegenheit, die Wirkung eines heftigen Windes in Bezug auf ein solches Aufquellenlassen von Tiefenwasser zu prüfen. Kurz vor der, bald nach Mittag, erfolgten Abfahrt von Station 29 erhob sich ein in wenigen Minuten zur Maximalstärke (7) anwachsender orkanartiger Wind aus WSW, also vom Lande her, so dass beim Weggeschobenwerden von Oberflächenwasser am ehesten ein Aufquellen von salzreichem Tiefenwasser stattfinden konnte. Obwohl der Wind anhielt und stark bewegte See verursachte, bis gegen Abend vor Rodosto Anker geworfen wurde, zeigte sich auf den Stationen 30 und 31 keine Zunahme des Salzgehaltes im Oberflächenwasser.

Als weiteres Moment ist zu berücksichtigen, dass durch Erkaltung des Oberflächenwassers ein Untersinken desselben und infolgedessen an nicht- oder mindererkalteten Stellen der Meeresoberfläche ein Aufsteigen von Tiefenwasser stattfinden konnte. Bei Mangel einer selbständigen, d. h. von den Oberflächenerscheinungen unabhängigen Bewegung der Gesamtmasse des Wassers wäre ein gleichartiges Verhalten benachbarter Stellen der oberen Meeresschicht unter dem Einflusse

von Temperaturänderungen der Luft oder bei dem Wechsel von Tag und Nacht zu erwarten. Auf den Stationen 27 und 28 konnten die Beobachtungen am Abende und am darauffolgenden Morgen oder Vormittage angestellt werden. Die am Abende angestellten Beobachtungen sind in den Tabellen durch ein der Stationsnummer beigefügtes *a*, die am Morgen oder Vormittage angestellten durch ein beigefügtes *b* gekennzeichnet. Die Meerestiefe unter den beiden Stationen war fast die gleiche (50 *m*). Die eine Station befand sich in einer Bucht, in der von Panderma, die andere am Rande des offenen Meeres. Die Entfernung zwischen den beiden Stationen war sehr gering. In der Bucht waren specifisches Gewicht und Temperatur des Oberflächenwassers Abends und Morgens fast die gleichen. Am Rande des offenen Meeres waren specifisches Gewicht und Temperatur des Oberflächenwassers gegen Abend und am Vormittage stark verschieden. Das Eine spricht dafür, dass in der von einer Gesamtbewegung des Wassers im Marmara-Meere mehr oder weniger abgeschlossenen Bucht die Temperatureniedrigung der Luft und die Wärmeausstrahlung der Meeresoberfläche während der Nacht nicht im Stande waren, die Temperatur des Oberflächenwassers derart herabzudrücken, dass dadurch ein Schwererwerden und Untersinken dieses Oberflächenwassers und somit eine Durchmischung desselben mit dem darunter befindlichen specifisch schwereren Wasser veranlasst worden wäre. Das Andere deutet darauf hin, dass im offenen Marmara-Meere, unabhängig von der Nachtkälte, vermuthlich eben wegen einer selbständigen Bewegung des gesammten Wassers, in der Zeit zwischen den beiden Beobachtungen ein Austausch des Oberflächenwassers durch anderweitiges, vielleicht zum Theile aus der Tiefe stammendes Wasser stattgefunden hat.

Man ist also vielleicht berechtigt, an die Möglichkeit zu denken, dass im Marmara-Meere auch schon in der obersten Wasserschicht neben den anderweitigen Ursachen verticaler Wasserbewegungen in besonders hohem Grade die durch die Gesamtbewegung des Wassers veranlassten verticalen Strömungen eine Rolle spielen.

Unter dem Meeresniveau, welches immer oder fast immer der Krümmung der Erdoberfläche und der Attraction durch Festlandsmassen entsprechend regelmässig geformt ist, also davon unabhängige Aufstauungen und Vertiefungen nicht oder fast nicht zulässt, kann durch Anprallen von in horizontaler Bewegung befindlichem Tiefenwasser an unterseeische Abhänge ein Aufquellen von solchem salzreichen Tiefenwasser bis an die Oberfläche des Marmara-Meeres veranlasst werden. Das aufgequollene salzreiche Wasser wird sich früher oder später mit dem in horizontaler Bewegung befindlichen salzarmen Oberflächenwasser vermengen. Schnelligkeit und Ausmass dieser Vermengung werden von der Schnelligkeit des Aufquellens des Tiefenwassers abhängen. Wäre das Oberflächenwasser vorher überall gleich salzarm gewesen, so müsste sich nach einiger Zeit das Maximum des Salzgehaltes dort zeigen, wo das Aufquellen am stärksten stattfindet, und das Minimum des Salzgehaltes dort, wo das Aufquellen des Tiefenwassers am wenigsten stattfindet.

In Wirklichkeit wird die Sache dadurch complicirt, dass mehr oder weniger überall in der obersten Wasserschicht, hauptsächlich wegen vorhandener localer und sich gegenseitig beeinflussender Wasserbewegungen, eine Durchmischung des aus dem Schwarzen Meere stammenden salzarmen Oberflächenwassers mit Theilen des darunter befindlichen, aus dem Mittelmeere stammenden salzreichen Wassers vor sich gehen muss.

Die darnach im Allgemeinen zu erwartende Zunahme des Salzgehaltes im Oberflächenwasser des Marmara-Meeres vom Bosphorus zu den Dardanellen besteht wirklich. Dieselbe verläuft jedoch durchaus nicht regelmässig von Osten nach Westen, wie es sein müsste, wenn in allen Theilen des Marmara-Meeres die Durchmischung der obersten Wasserschichten in gleichem Masse stattfinden würde.

Die Art, in welcher sich an der Oberfläche des Marmara-Meeres die verschieden schweren Wässer vertheilen, deutet darauf hin, dass auf diese Vertheilung auch die Bodengestaltung des Meeres einen Einfluss hat, beziehungsweise die durch diese Bodengestaltung in den einzelnen Wasserschichten in mehr oder weniger hohem Grade veranlasste Ablenkung, welche

die sonst horizontal verlaufende Bewegungsrichtung unter dem Meeresniveau erleidet. Ich nehme dabei an, dass sich, sowie im Mittelländischen Meere, das gesammte Wasser in einer vorwiegend horizontal verlaufenden, kreisenden Bewegung befindet, deren Sinn dem Sinne des Zeigers einer Uhr entgegengesetzt ist.

Unter dieser Annahme ist zu erwarten, dass dort, wo sich dem in Bewegung befindlichen Wasser ein unterseeischer Abhang entgegenstellt, ein Hinaufgeschobenwerden von Tiefenwasser stattfindet. So können an der Meeresoberfläche specifisch verschieden schwere Wassermassen in horizontale Nachbarschaft gebracht werden. Unter dem Einflusse der die horizontalen Bewegungen des Oberflächenwassers beeinflussenden Kräfte, wie der Winddrift oder des an den Mündungen der Meerengen einsetzenden Bewegungsmomentes, kann entweder continuirlich oder in Zwischenpausen ein Ineinandergeschobenwerden dieser verschieden schweren Wassermassen erfolgen. Im ersteren Falle wird einfach eine Verdünnung des bis an die Meeresoberfläche emporgeschobenen Wassers stattfinden; im letzteren Falle kann sich ein rasches Eindringen grösserer Mengen salzarmen Wassers in oder unter das emporgeschobene salzreiche Wasser ereignen.

Dort, wo sich bei der angenommenen horizontalen Bewegungsrichtung das Wasser von einem unterseeischen Abhang hinwegbewegt, wird ein Emporgeschobenwerden von Tiefenwasser nicht stattfinden oder im Gegentheile ein Hinabgezogenwerden von Oberflächenwasser eintreten. Das Letztere wird dann der Fall sein, wenn die für die Bewegung des Tiefenwassers zur Geltung kommenden Kräfte das über dem unterseeischen Abhange befindliche Tiefenwasser derart rasch wegführen, dass nicht horizontal benachbartes Tiefenwasser, sondern von der Höhe des unterseeischen Abhanges aus Oberflächenwasser nachströmt. Hierbei kommt überdies in Betracht, dass eine horizontale Tiefenströmung sich dem unterseeischen Abhange entlang bewegen und dabei auf die obersten Wasserschichten ansaugend wirken kann. Jedenfalls ist über jenen unterseeischen Abhängen, deren Abdachung ebenso verläuft wie die horizontale Bewegung der Hauptwassermasse des Meeres, ein Fehlen des Aufsteigens von schwerem Tiefen-

wasser und somit an der Meeresoberfläche eine Ansammlung von leichtem Wasser aus dem Schwarzen Meere zu erwarten.

So verwickelt und mit der Zeit wechselnd die Bewegungserscheinungen des Wassers an den Rändern des Meeresbeckens sein müssen, so zweifelhaft ist es, in welchem Masse die Geschwindigkeit der kreisenden Wasserbewegung gegen die Mitte des Meeres abnimmt, ob es einen relativ stille stehenden Theil der Wassermasse oder mehrere solche Theile gibt, und ob Anzahl und Lage dieser stille stehenden Theile zeitlichen Änderungen unterworfen sind. So viel dürfte mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten sein, dass das Oberflächenwasser der mittleren Theile des Marmara-Meeres einem Verdrängtwerden durch emporgeschobenes Tiefenwasser nicht ausgesetzt ist, dass vielmehr eher ein Hinabgezogenwerden dieses Oberflächenwassers stattfindet, was ein Zufließen von benachbartem Oberflächenwasser zur Folge haben müsste. Bei der geringen Flächenausdehnung des Marmara-Meeres könnte die kreisende, horizontale Bewegung seiner gesamten Wassermasse leicht den Charakter einer Wirbelbewegung annehmen. —

Die Beobachtungen haben die salzärmsten Oberflächengewässer südlich von Constantinopel, nämlich auf den Stationen 1, 2, 6, 9, und dann etwas weiter im Südwesten bei der Insel Kalolimno auf Station 12 ergeben. Wenn sich auf den benachbarten Stationen 3, 4, 5, 7, 8, 10 und 11 etwas salzreicheres Oberflächenwasser vorfand, so kann dieser Gegensatz durch die obige Annahme einer kreisenden Bewegung des gesamten Wassers in der That erklärt werden. So kann z. B. unter Station 7 und 8 wegen der Lage des unterseeischen Abhanges im S und SO davon Tiefenwasser leichter emporgeschoben werden, als unter den Stationen 1, 2, 9 und 6. Die drei erstgenannten von diesen letzteren Stationen befinden sich über ziemlich ebenem und sehr tiefem Meeresgrunde, sind also dem Emporgeschobenwerden von Tiefenwasser kaum ausgesetzt. Station 6 liegt allerdings sowie 7 und 8 über einem steilen, unterseeischen Abhange. Während dieser jedoch unter 7 und 8 gekrümmt verläuft und sich wahrscheinlich wenigstens stellenweise dem bewegten Tiefenwasser entgegenstellt, verläuft der unterseeische Abhang unter 6 fast gerade und wahrscheinlich

in annähernd paralleler Richtung mit der Bewegungsrichtung des dortigen Tiefenwassers.

Die grössten specifischen Gewichte des Oberflächenwassers haben sich im südwestlichen Theile des Marmara-Meeres gezeigt, und zwar auf den Stationen 27, 28, 34 bis 44. Es liesse sich dies durch die Annahme eines besonders reichlichen Emporgeschobenwerdens von Tiefenwasser in dem südwestlichen Theile erklären. Der Boden dieses Meerestheiles fällt, wie aus der unteren Seekarte der Tafel II zu ersehen ist, gegen die im N und NO von ihm gelegenen grossen Tiefen allmählig ab. Aus eben diesen grossen Tiefen bewegt sich vermuthlich das gesammte Wasser gegen S und SW. Die unregelmässige Begrenzung des südwestlichen Meerestheiles, sowie die darin liegenden Marmara-Inseln könnten überdies dem Emporgeschobenwerden des Tiefenwassers insoferne förderlich sein, als durch sie die Wahrscheinlichkeit vergrössert wird, dass sich unterseeische Abhänge dem vorwärtsdrängenden Tiefenwasser in den Weg stellen.

Es ist jedoch auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass dem durch die Dardanellenstrasse am Grunde derselben einflussenden salzreichen Wasser ein Bewegungsmoment zukommt, das verhältnissmässig grösser ist als das der angenommenen kreisenden Bewegung der gesammten Wassermasse des Marmara-Meeres. In diesem Falle wäre der grössere Salzgehalt des Oberflächenwassers im südwestlichen Theile des Marmara-Meeres einfach dem Umstande zuzuschreiben, dass dieser Meerestheil der Einmündung der Dardanellen am nächsten liegt. Dem widerspricht jedoch, dass bei der Annäherung an die Dardanellen, bei der Aufeinanderfolge der Stationen 42, 43 und 44 eine Zunahme des specifischen Gewichtes des Oberflächenwassers nicht vorgefunden wurde, sondern im Gegentheile eine Abnahme desselben. Diese letztere ist leicht erklärlich, wenn man ein theilweises Eindringen von Tiefenwasser aus dem nordwestlichen Theile des Marmara-Meeres in die zu den Dardanellen führende, die Stationen 42, 43 und 44 einschliessende Verengung des Marmara-Meeres voraussetzt. Sowohl das Eindringen des Tiefenwassers in diesen westlichsten Theil des Marmara-Meeres als auch das Weiterziehen

gegen Osten wird also stellenweise eine Erhöhung des Salzgehaltes im Oberflächenwasser bewirken. Als Glieder der Gesamtbewegung des Wassers im Marmara-Meere, bei welcher Gesamtbewegung in den meisten Fällen das Oberflächenwasser vom Tiefenwasser ohne gegenseitige Durchmischung getragen wird, können hingegen jenes Eindringen und jenes Weiterziehen von Wassermassen aus dem nordwestlichen Meerestheile verhindern, dass sich im Oberflächenwasser des westlichsten Theiles des Marmara-Meeres eine allgemeine Zunahme des Salzgehaltes wegen der Nähe der Dardanellen einstellt. Am Nordrande und noch mehr in der Mitte des westlichsten Theiles des Marmara-Meeres kann sich gegen die Dardanellen zu, zu den Stationen 43 und 44, das Oberflächenwasser aus dem nordwestlichen Theile des Marmara-Meeres ohne Durchmischung mit dem darunter befindlichen salzreichen Wasser bewegen, um dann theilweise durch die Dardanellen in das Ägäische Meer abzufließen.

Die Annahme eines stellenweisen Emporgeschobenwerdens von Tiefenwasser aus dem nordwestlichen Theile des Marmara-Meeres in den seichten südwestlichen Theil dieses Meeres findet noch eine Bekräftigung darin, dass das grösste spezifische Gewicht von Oberflächenwasser auf Station 41 nachgewiesen wurde, also an einer Stelle, die durch die Aufeinanderfolge von unterseeischen Abhängen, welche sich dem in Bewegung vermutheten Tiefenwasser entgegenstellen, in besonders hohem Masse, geeignet erscheint relativ viel schweres Tiefenwasser bis an die Meeresoberfläche gelangen zu lassen.

Dieses beobachtete Maximum des spezifischen Gewichtes von Oberflächenwasser war gleich  $1.0190$ . Das auf Station 2 beobachtete Minimum war gleich  $1.0159$ . Es weicht also sowohl der Durchschnitts-, als auch der Maximalbetrag des dem Oberflächenwasser im Marmara-Meere zukommenden spezifischen Gewichtes in hohem Grade ab von dem fast  $1.0300$  betragenden spezifischen Gewichte, welches dem am Grunde der Dardanellen einströmenden Mittelmeerwasser zukommt, mit dem höchstwahrscheinlich der grösste Theil des Marmara-meer-Beckens gefüllt ist. Jedenfalls bedeutet es eine sehr bedeutende Arbeitsleistung wenn solches schweres Mittelmeer-

wasser aus der Tiefe des Marmara-Meeres zur Oberfläche emporgeschoben wird.

In 5 *m* Tiefe zeigte sich auf den einzelnen Stationen das spezifische Gewicht nicht viel verschieden von dem des Oberflächenwassers.

Auf den Stationen 10, 15, 21 und 34 war das spezifische Gewicht des Wassers in 5 *m* Tiefe etwas kleiner als das spezifische Gewicht des Oberflächenwassers. Es könnte dies daher kommen, dass sich unter schwereres Wasser, welches durch emporgeschobenes Tiefenwasser an die Oberfläche gedrängt worden ist, von der Seite, und zwar etwas unter der Oberfläche, leichteres Wasser einschleibt. Es mag dies an den Stellen der betreffenden Stationen geschehen sein oder an anderen Stellen, von denen aus eine horizontale Bewegung die oberen Wasserschichten zu diesen Stationen geführt hat. Das salzärmere Wasser kann unter dem etwas salzreicheren Oberflächenwasser bleiben, weil dieses letztere wärmer ist als das erstere, sodass das wirkliche, auf die Temperatur der betreffenden Meeresstellen bezogene spezifische Gewicht doch in 5 *m* Tiefe ebenso oder, auf Station 34, fast ebenso gross ist als an der Oberfläche. Das an die Oberfläche emporgedrückte Wasser konnte durch die zur Jahreszeit der Expedition bedeutend wärmere Luft eine Temperaturerhöhung erfahren. Früher oder später muss jedoch jedenfalls ein solches In- und Übereinandergeschobenwerden von Wässern verschiedenen Salzgehaltes zu einer vollständigen Durchmischung dieser Wässer, also zum Zustandekommen eines gleichen, mittleren, spezifischen Gewichtes in den betreffenden Strecken der obersten Meeresschicht führen.

Durch eine solche Art der Durchmischung dürfte der Umstand zu erklären sein, dass auf den Stationen 7, 22, 28*a*, 32, 39 und 44 an der Meeresoberfläche und in 5 *m* Tiefe die gleichen spezifischen Gewichte gefunden wurden.

Wenn auf Station 28 Abends an der Oberfläche und in 5 *m* Tiefe die gleichen spezifischen Gewichte gefunden wurden, am darauffolgenden Morgen an der Oberfläche fast dasselbe spezifische Gewicht wie Abends, in 5 *m* Tiefe jedoch ein bedeutend grösseres nachgewiesen wurde, so könnte man bei der

ziemlich abgeschlossenen Lage der Station 28 daran denken, dass unter Tags durch die Sonnenwärme eine besonders ausgiebige Durchmischung der bis 5 *m* Tiefe reichenden obersten Wasserschichten veranlasst wird. Wegen Fehlens dieser Art der Durchmischung zur Nachtzeit könnte sich dann am Morgen eher salzreiches Wasser in 5 *m* Tiefe vorfinden. Auf der am Rande des offenen Meeres liegenden Station 27 war sowohl am Abende, als am darauffolgenden Vormittage in 5 *m* Tiefe ein schwereres Wasser als an der Meeresoberfläche.

Die Thatsache, dass auf Station 28 am Morgen in 5 *m* Tiefe nicht bloss das specifische Gewicht grösser, sondern auch die Temperatur niedriger gefunden wurde als am Abende, deutet auf ein während der Nacht stattgefundenes Einfliessen von schwerem und kaltem Wasser in die Bucht von Panderma hin. Solches Wasser konnte aus den dieser Bucht benachbarten tieferen Theilen des Marmara-Meeres stammen. Nach der aus der Analogie mit dem Mittelmeere abgeleiteten Annahme, dass sich im südlichen Theile des Marmara-Meeres die gesammte Wassermasse in einer Bewegung befindet, deren Richtung vorwiegend von Westen nach Osten verläuft, ist zu erwarten, dass in die Bucht von Panderma, im Gegensatze zu der westlich von ihr gelegenen Bucht von Artaki, ein Einströmen von Wasser überhaupt und von Tiefenwasser insbesondere nur in untergeordnetem Masse stattfindet. Dies schliesst nicht aus, dass doch mit der Zeit eine Erneuerung des Wassers in der Bucht von Panderma durch die vorwiegend gegen Osten gerichtete, aber dabei immer nach rechts drängende Bewegung des Gesamtwassers im südlichen Marmara-Meere veranlasst wird. Eine solche Erneuerung wird umso eher geschehen, als durch den Anprall an die der Bucht vorgelagerten kleinen Inseln ein Einfliessen von Wasser der oberen Schichten aus dem sich längs der Nordküste der Artaki-Halbinsel erstreckenden Meerestheile erleichtert wird. Unter Tags konnte sich in diesem Meerestheile, wie sonst, durch Insolation und durch Wärmeaufnahme aus der Luft die oberste Wasserschicht stark genug erwärmen, um dadurch so weit specifisch leichter zu werden, dass sie dem theilweisen Empordrängen von schwerem Tiefenwasser bis zur Oberfläche grösseren Widerstand entgegen-

zusetzen vermochte, als bei Nacht, wo die Hauptwärmequelle fehlt und durch Ausstrahlung überdies noch Wärme von der Meeresoberfläche abgegeben wird. Bei Nacht war der Dichteunterschied zwischen dem Oberflächenwasser und dem unmittelbar darunter befindlichen Wasser geringer, sodass eine Durchmischung durch irgend eine nach oben wirkende Kraft leichter erfolgen konnte. Auf einen solchen durch die Tageszeit bedingten Unterschied im specifischen Gewichte der obersten Wasserschichten, d. h. im Grade der Beimischung von schwerem Tiefenwasser deuten die auf Station 27 Abends und Vormittags angestellten Beobachtungen hin. Abends waren das Oberflächenwasser und das Wasser in 5 *m* Tiefe salzärmer als am nächsten Vormittage. Unter Tags gelangte also in die Bucht von Panderma ein Wasser, dem weniger Tiefenwasser beigemischt war, das deshalb salzärmer war und eine höhere Temperatur mitbrachte, welche Temperatur während des Einfließens und vielleicht auch in der Bucht selbst durch die Sonnenwärme noch weiter erhöht wurde. Bei Nacht floss in die Bucht ein Wasser ein, dem mehr Tiefenwasser beigemischt war, das deshalb salzreicher war und eine niedrigere Temperatur mitbrachte. Dieses Nachts einfließende Wasser konnte das bei Tag in die Bucht gelangte, leichte und warme Wasser nach oben schieben, wodurch es sich erklärt, dass am Morgen das Oberflächenwasser der Bucht ebenso leicht und warm war wie am Abende, was umso mehr auffiel, als noch zur Zeit der Morgenbeobachtung die Lufttemperatur niedriger war als die Wassertemperatur. Diese Temperaturconstanz des sich zwischen den kalten unteren Wasserschichten und der kalten Nachtluft befindlichen Oberflächenwassers deutet einerseits in der gesagten Weise darauf hin, dass der unter der Oberfläche unter Tags angesammelte Wärmeverrath dem Wasser der Meeresoberfläche zugute kam, anderseits zeigt sie, dass eine vollkommene Erneuerung des Wassers in der Bucht von Panderma während einer Nacht nicht stattfindet.

Auf der Mehrzahl der Stationen ist in 5 *m* Tiefe ein etwas schwereres Wasser gefunden worden als an der Meeresoberfläche.

Unter solchem im Vergleich zum Oberflächenwasser spezifisch schweren Wasser befand sich gewöhnlich in 10 *m* Tiefe wieder etwas schwereres Wasser, so dass sich in den meisten Fällen ein constantes Ansteigen des Salzgehaltes von der Oberfläche bis 5 und bis 10 *m* Tiefe ergab. Es bedeutet dies, dass an den meisten Stellen des Marmara-Meeres eine ausgiebige verticale Durchmischung der obersten Wasserschichten fehlt.

In vier Fällen, nämlich auf den Stationen 23, 30, 35 und 41 stieg der Salzgehalt von der Oberfläche bis 5 *m* Tiefe allerdings an, blieb sich aber dann bis 10 *m* entweder gleich oder verringerte sich sogar wieder. Ja auf Station 23 war in 10 *m* Tiefe der geringste Salzgehalt.

Diese Erscheinungen auf den zuletzt genannten vier Stationen sprechen, ebenso wie die oben bei den 5 *m*-Wässern angeführten, für ein In- und Übereinandergeschobenwerden von Wassermassen, welche durch ihren verschiedenen Salzgehalt anzeigen, ob sie bloß von der benachbarten Meeresoberfläche oder theilweise auch aus der Meerestiefe stammen. Eine Bestätigung für die Annahme, dass in grossen Wassermassen gleichen Salzgehaltes kleine Wassermassen von anderem Salzgehalt eine Zeit lang eingeschlossen erhalten bleiben können, liefert die Thatsache, dass unter den Stationen 10, 15, 21 und 34, auf welchen in 5 *m* Tiefe salzärmeres Wasser gefunden worden war als an der Meeresoberfläche, sich in 10 *m* Tiefe wieder ein Wasser befand, das ebenso salzreich oder salzreicher war als das Oberflächenwasser derselben Stationen.

Ein solches In- und Untereinanderfliessen verschiedenartiger, d. h. aus verschiedenen Meerestiefen stammender Wassermassen ist um so wichtiger, als es im Stande sein kann, eine Durchmischung aller übereinander befindlichen Wasserschichten zu bewerkstelligen. Zu seinem Zustandekommen müssen die verticalen und horizontalen Meeresströme einander begegnen und einander durchdringen. In welcher Richtung sich eine eingeschobene Wassermasse in der Hauptmasse des Wassers bewegt, oder in welcher Richtung die mit dieser eingeschobenen Wassermasse stattfindende Vermischung sich erstreckt, wird von der Stärke und von der Richtung der

Meeresströmungen abhängen, welche einander begegnet sind und welche einander durchdrungen haben. Es muss sich so ein sehr verwickeltes Durcheinander von Vorgängen ergeben, welches den Nachweis erschwert, von welchen Theilen der Meeresoberfläche die eventuelle Durchmischung der gesammten Wassermasse ausgeht und in welchen Richtungen diese Durchmischung verläuft.

Ein augenscheinlicher Beweis für das Vorhandensein eines stellenweisen Untertauchens von Oberflächenwasser und eines späteren Wiederauftauchens desselben oder anderen Wassers liefern die Marktabfälle von Constantinopel. Dieselben schwimmen in Form von Kürbisschalen, Krautblättern etc. auf der Oberfläche des goldenen Hornes. Im östlichen Theil des Marmara-Meeres sieht man merkwürdig wenig von diesen Schwimmkörpern. Um so auffallender ist dann das an weit im Westen gelegenen Stellen des Marmara-Meeres in scharfbegrenzten Streifen stattfindende Aufquirlen solcher Gegenstände.

Da von vornherein eine bloß horizontale oder bloß verticale gegenseitige Durchmischung von durch Strömungen an einander gebrachten Wassermassen als ausgeschlossen erscheint, so ist es nicht zu verwundern, dass auf den Stationen 7, 22, 28 *a*, 32, 39 und 44 die sich in der Gleichheit des specifischen Gewichtes des Oberflächenwassers und des 5 *m*-Wassers ausprägende Durchmischung der allerobersten Wasserschichten in 10 *m* Tiefe nicht mehr wiederkehrt. Wenn auf allen diesen Stationen die in 10 *m* Tiefe geschöpften Wasserproben salzreicher waren als die Oberflächen- und die 5 *m*-Wässer, so weist dies eben darauf hin, dass unter den betreffenden Stellen der Oberfläche des Marmara-Meeres von 5 *m* Tiefe an die horizontale Bewegung des Wassers vorherrschend ist. Da bei weitem auf der Mehrzahl der Stationen nicht bloß in 10 *m* Tiefe ein schwereres Wasser gefunden worden ist als in 5 *m* Tiefe, sondern auch schon in 5 *m* Tiefe ein schwereres als an der Oberfläche, so muss in den meisten Fällen die nach aufwärts oder abwärts gerichtete Bewegung von untergeordneter Bedeutung sein. Beim Vorherrschen der horizontalen Bewegungsrichtung bleibt die für die obersten Wasserschichten des

Marmara-Meeres die Regel bildende Überschichtung von salzreicherem Wasser durch salzärmeres Wasser erhalten.

Die eigenthümlichen Schwankungen des specifischen Gewichtes in den obersten Schichten des Marmara-Meeres deuten also darauf hin, dass in ihnen stellenweise nach aufwärts oder abwärts gerichtete Strömungen stattfinden, dass jedoch in der Regel die strömende Bewegung in den obersten Wasserschichten nur horizontal verläuft.

In welcher Richtung und mit welcher Geschwindigkeit die fast ausschliesslich horizontale Bewegung des Oberflächenwassers verläuft, wird ausser von der angenommenen kreisenden Bewegung von vielen Ursachen, wie Winddrift, Lage der Küsten, grösserer oder geringerer Entfernung vom Bosphorus, aus dem mit grosser Geschwindigkeit Wasser einströmt, etc. abhängen.<sup>1</sup> Eine wesentliche Rolle kann dabei das stellenweise vorhandene Emporgeschobenwerden von Wasser aus den unteren Schichten bis an die Meeresoberfläche spielen. Die an einzelnen Stellen der obersten Wasserschicht nach aufwärts gerichtete Bewegung an sich muss schon einer horizontalen Weiterbewegung des benachbarten Oberflächenwassers hinderlich sein, indem sich die beiden Bewegungen beim Zusammenstossen gegenseitig schwächen. Dazu kommt, dass das an die Meeresoberfläche emporgeschobene Wasser immer oder fast immer specifisch schwerer sein wird als das benachbarte Oberflächenwasser. Die Folge dieses Aneinandergerathens specifisch verschieden schwerer Wassermassen muss sein, dass das schwerere Wasser als localer Unterstrom in das leichtere horizontal benachbarte Wasser läuft, während das leichtere Wasser in Form eines localen Oberflächenstromes über oder in das emporgeschobene schwerere Wasser fliesst. Das Letztere wird unter sonst gleichen Umständen um so weniger der Fall sein, je rascher immer wieder frisches schwereres Wasser aus den

---

<sup>1</sup> Auf der »Taurus«-Expedition wurden folgende Stromversetzungen bei fast vollkommener Windstille beobachtet: Auf Station 1 wurde das Schiff beim Stillliegen mit einer Geschwindigkeit von 1·6 Seemeilen in der Stunde nach SW vertragen. Auf Station 2 betrug die Stromversetzung 0·6 Seemeilen nach ONO. auf Station 9 betrug sie 0·7 Seemeilen nach SW. Sehr stark war auf Station 44 die in die Dardanellen führende Strömung.

tiefere Lagen des Meeres emporsteigt. Durch diese localen Strömungserscheinungen wird also entweder ein vollständiges Weggedrängtwerden der in der horizontal benachbarten obersten Meeresschicht vorhandenen Wassermassen veranlasst, oder es wird durch sie bewirkt, dass die gegen die Stellen des Aufsteigens von Tiefenwasser gerichtete Bewegung der horizontal benachbarten obersten Meeresschichten an den Stellen des Aufsteigens von Tiefenwasser nur in beschränkter Masse und vielleicht nur knapp an der Meeresoberfläche fortschreiten kann. Ein regelmässiges Fortschreiten des sich horizontal bewegenden Wassers der obersten Schichten über die Aufsteigstellen des Tiefenwassers hinweg würde noch mehr erschwert oder vollkommen unmöglich sein, wenn sich dem wallartigen Charakter dieser Aufsteigstellen auch noch die Form eines Walles zugesellen würde, wenn es sich bewahrheiten sollte, dass durch die Kräfte, welche das Tiefenwasser nach aufwärts schieben, das Meeresniveau an den Aufsteig- oder Aufquellenstellen des Tiefenwassers der Umgebung gegenüber erhöht wird.

Als ein Beispiel der eventuellen Wirkungen eines solchen durch das Aufsteigen oder Aufdrängen von Tiefenwasser veranlassten Wasserwalles können die Stromverhältnisse in dem an den Bosphorus grenzenden Theile des Marmara-Meeres dienen. Aus dem oben über die Vertheilung der specifischen Gewichte im Oberflächenwasser Gesagten ist zu schliessen, dass unter den Stationen 7 und 8 (vor San Stefano) Tiefenwasser zum Aufsteigen kommt, dass sich also daselbst möglicherweise ein »Wasserwall« befindet. Durch diesen Wasserwall würde nach der angenommenen Art der Erklärung das aus dem Bosphorus einströmende Wasser, dessen Geschwindigkeit unvergleichlich grösser ist als die irgendwo sonst im Marmara-Meer beobachtete, an dem Fortströmen in der Verlängerung der Hauptrichtung des Bosphorus und noch mehr an einem durch die Erdrotation veranlassten Drängen gegen rechts gehindert werden. Thatsächlich fanden sich die von dem reichlichsten Zuströmen des salzarmen Bosphorus-Wassers zu erwartenden niedrigsten specifischen Gewichte des Oberflächenwassers an Orten, welche das aus dem Bosphorus kommende Wasser nur erreichen konnte, indem es — durch den

Wasserwall, der vielleicht nicht nur auf den Stationen 7 und 8, sondern auch über einzelnen anderen Stellen des 1000 *m* hohen unterseeischen Abhanges seewärts von den Prinzeninseln vorhanden ist, — abgelenkt wurde. Abgelenkt wurde von derjenigen Richtung, welche es eingeschlagen hätte, wenn eine Bewegung der Gesamtmasse des Wassers im Marmarameer und damit auch eine Aufstauung von Wasser über diesen Theilen des, vor der Mündung des Bosphorus vorhandenen unterseeischen Abhanges fehlen würde.

Noch in anderer Beziehung wäre das Vorhandensein von derartigen, durch das Emporgeschobenwerden von Tiefenwasser veranlassten Wasserstauungen von Wichtigkeit. Es würde nämlich wegen des, wenn auch noch so geringen Emporragens der betreffenden Wassermassen über das gewöhnliche Meeresniveau die Wahrscheinlichkeit vergrößert werden, dass stellenweise und zeitweise horizontal benachbartes leichteres Oberflächenwasser horizontal unter die oberste Schicht des emporgeschobenen schwereren Wassers einströmt. Diese beiden, ineinander geschobenen Wassermassen können dann, sobald sie aus dem Bereich des fortwährenden Aufdrängens von neuem Tiefenwasser getreten sind, untersinken und dabei durch Strömungen vorwärts getragen werden, um später vielleicht wieder aufzutauchen oder emporgeschoben zu werden.

Um bei der auf den Stationen 7 und 8 angenommenen Wasserstauung als Beispiel zu bleiben, sei darauf hingewiesen, dass der durch den »Wasserwall« gegen Süden abgelenkten aus dem Bosphorus kommenden Strömung, welche Schwimmkörper von Constantinopel zu den Prinzeninseln führt, doch immer das Bestreben erhalten bleiben muss, gegen rechts, d. h. gegen den Wasserwall zu drängen. Dabei kann es, zumal dann, wenn durch Winddrift besonders reichliche Wassermengen aus dem Schwarzen Meer durch den Bosphorus bewegt werden, geschehen, dass in der eben angedeutenden Weise das mit Marktabfällen Constantinopels beladene Oberflächenwasser unter die oberste Schicht des emporgeschobenen Wassers gelangt.

Nach dem bisher Gesagten ist im Marmarameer für die Bewegungserscheinungen im Ganzen, zumal aber für die der

Oberfläche ein ungemein mannigfaltiges und mit der Zeit wechselndes Nebeneinander von Wasserbewegungen zu erwarten.

Um einen Einblick in die Verhältnisse der Tiefen des Marmara-Meeres zu bekommen, sei zunächst der in 50 *m* Tiefe unter der Meeresoberfläche gelegene Horizont in Betracht gezogen.

Die an 30 Wasserproben dieses Horizontes vorgenommenen Bestimmungen des spezifischen Gewichtes ergaben als grösstes spezifisches Gewicht die Zahl 1·0295 (Station 2) und als kleinstes spezifisches Gewicht die Zahl 1·0164 (Station 26).

Es ist wahrscheinlich, dass die auf Station 2 aus 50 *m* Tiefe emporgeholte Wasserprobe deshalb das grösste spezifische Gewicht aufwies, weil an dieser Stelle des 50 *m*-Horizontes das stärkste Emporgedrängtwerden von Tiefenwasser stattfindet, und dass die auf Station 26 aus 50 *m* Tiefe emporgeholte Wasserprobe deshalb das kleinste spezifische Gewicht aufwies, weil an dieser Stelle des 50 *m*-Horizontes das stärkste Hinabgesaugtwerden von Oberflächenwasser stattfindet. Wenn man die Punkte dieser beiden Stationen aus der Kursskizze der Tafel I auf die untere Karte der Tafel II, welche die Bodengestaltung des Marmara-Meeres wiedergibt, überträgt, so sieht man die ganz verschiedene Lage dieser beiden Stationen oder, besser gesagt, der in 50 *m* Tiefe unter diesen Stationen gelegenen Meeresstellen in Bezug auf die Nähe unterseeischer Abhänge, an denen eventuell — veranlasst durch die kreisende Bewegung des gesamten Wassers im Marmara-Meer — ein Hinaufgeschobenwerden von Tiefenwasser oder ein Hinabgezogenwerden von Oberflächenwasser stattfinden kann.

Die Stellen des 50 *m*-Horizontes, an welchen ein derart niedriger Salzgehalt im Wasser nachgewiesen wurde, dass ihr Wasser der Hauptmenge nach als aus dem Schwarzen Meere stammend betrachtet werden konnte, befanden sich unter den Stationen 9, 25, 26, 27 *b*, 29, 35 und 44.

Bemerkungen sind anzuknüpfen an die Befunde der Stationen 27 *b*, 35 und 44.

Auf der Station 27 war Abends (*a*) in 49 *m* Tiefe, d. h. knapp über dem Meeresgrunde ein spezifisches Gewicht des Wassers von 1·0292 nachgewiesen worden, während sich am

darauf folgenden Vormittag (*b*) daselbst ein Wasser vom specifischem Gewichte 1·0196 vorfand. Es deutet dies darauf hin, wie ungemein wechsellvoll die Strömungserscheinungen auch in Bezug auf die Zufuhr von mehr oder weniger von der Meeresoberfläche stammendem Wasser zu den einzelnen Punkten der Meerestiefen sind. Es kommt dies jedenfalls von den fortwährenden Ablenkungen her, denen die einzelnen Theile der kreisförmigen Bewegung des Wassers in dem so kleinen Marmara-Meer ausgesetzt sind, welches Meer überdies im Verhältniss zur Fläche so ungewöhnlich viele Halbinseln und Inseln besitzt, und dessen Bodengestaltung wieder im Verhältniss zur Grösse der Oberfläche ausnehmend grosse Tiefen und ungemein wechselnde Neigungswinkel und Horizontalrichtungen der unterseeischen Abhänge aufweist.

Auf Station 35 musste es nach den specifischen Gewichten in 0, 5 und 10 *m* Tiefe zweifelhaft bleiben, ob daselbst eine auf- oder eine absteigende Bewegung des Wassers stattfindet. Das in 50 *m* Tiefe gefundene niedrige specifische Gewicht spricht für eine absteigende Wasserbewegung. Eine solche absteigende Wasserbewegung wäre in der sich gegen Osten erweiternden Strasse zwischen der Artaki-Halbinsel und der Hauptinsel der Marmara-Inseln kaum möglich, wenn sich entgegen dem angenommenen Sinne der kreisenden Bewegung des Gesamtwassers das Wasser auf dem Grunde dieser Strasse von Osten nach Westen bewegen würde.

Am Meeresgrund unter Station 44 wurde in 60 *m* Tiefe, also annähernd in dem in Rede stehenden 50 *m*-Horizont das specifische Gewicht des Wassers gleich 1·0198 gefunden, also beiläufig in der Mitte stehend zwischen dem specifischen Gewicht des Mittelmeerwassers und dem des Schwarzenmeereswassers. Da diese Station am Eingange der Dardanellen liegt, in der zu dieser Strasse führenden Verengerung des Marmara-Meeres, ist es möglich, dass eine locale Strömung das relativ salzarme Wasser an den Meeresgrund gebracht hat. Es konnte dies durch einen localen Wirbelstrom geschehen sein, derselben Art, wie sie im Bosphorus und in den Dardanellen beobachtet werden. Anlass zu solchen localen Wirbelströmen gibt das Aufstossen des Stromes, sei nun derselbe der salzarme Ober

strom oder der salzreiche Unterstrom, an Vorgebirge und Untiefen. Klippenreiche Untiefen sind in der That nahe bei Station 44, und es musste während der Arbeiten auf dieser letzten Beobachtungsstation fortwährend die Schiffsmaschine im Gange bleiben, damit das Schiff durch die rasche in die Dardanellen führende Oberflächenströmung nicht auf die Untiefen getragen wurde.

Die Thatsache, dass auf Station 44 sowohl in 0, 5 und 10 *m* Tiefe als auch knapp über dem Grunde relativ salzarmes Wasser gefunden wurde, deutet an, dass der am Grunde der Dardanellen aus dem Ägäischen Meere in das Marmara-Meer einfließende Strom salzreichen Wassers, wenn er in die westlichste Verengung des Marmara-Meeres gelangt, nicht im Stande ist, seinem ihm wegen der Erdrotation inne wohnenden Bestreben nach rechts zu drängen, Nachdruck zu verschaffen. Vermuthlich stellt sich ihm, ähnlich wie vor San Stefano bei der Einmündung des Oberflächenstromes des Bosphorus, eine durch die kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meer bewirkte Aufstauung von Tiefenwasser in den Weg. Auf das Abgelenktwerden des aus den Dardanellen einmündenden salzreichen Unterstromes gegen NO mag es zurückzuführen sein, dass unter Station 43, wo ein Emporsteigen von Tiefenwasser aus dem Marmara-Meer, nach der Richtung des dortigen unterseeischen Abhanges zu schliessen, nicht stattfindet, dennoch in 25 *m* Tiefe, d. h. knapp über dem Grunde das relativ hohe specifische Gewicht von 1.0215 nachgewiesen wurde.

Um zu dem, fast über das ganze Marmara-Meer sich erstreckenden Horizont von 50 *m* Tiefe unter der Meeresoberfläche zurückzukehren, sei hervorgehoben, dass bei weitem auf der Mehrzahl der Stationen in 50 *m* Tiefe ein Wasser gefunden wurde, das nach seinem hohen specifischen Gewichte ausschliesslich oder zumeist aus Mittelmeerwasser bestand.

Nur auf wenigen Stationen ergab sich in 50 *m* Tiefe ein Wasser von einem mittleren specifischen Gewicht, d. h. von einem solchen, dessen Werth in der Mitte stand zwischen den dem Mittelmeer- und Schwarzenmeerwasser eigenthümlichen. Bis zu einem gewissen Grade näherten sich schon die specifi-

schen Gewichte einiger der oben als ausnehmend salzarm angeführten Wasserproben aus 50 *m* Tiefe diesem Mittelwerth. Sonst wiesen einen solchen Mittelwerth nur noch zwei Wasserproben aus 50 *m* Tiefe auf, nämlich die der Stationen 8 und 16, beide Stationen an Stellen, unter denen oder in deren Nähe wegen ihrer Lage ein ausgiebiges, bis zur vollständigen Durchmischung führendes Ineinandergeschobenwerden von hinaufgedrängtem salzreichen Tiefenwasser und von sich horizontal bewegendem salzarmen Wasser der obersten Meeresschichten zu erwarten ist. —

Was den, sich über den grössten Theil der nördlichen Hälfte des Marmara-Meereres erstreckenden Horizont von 500 *m* Tiefe betrifft, so wiesen von den aus 11 Stellen dieses Horizontes emporgeholten Wasserproben 8 ein derart hohes specifisches Gewicht auf, dass sie als solche zu erkennen waren, welche ganz, fast ganz oder mehr als zur Hälfte aus Mittelmeerwasser bestehen. Nur drei besaßen ein derart niedriges specifisches Gewicht, dass sie als zum grössten Theil aus dem Schwarzen Meere stammend betrachtet werden konnten.

Von den letzteren drei, salzarmen Wasserproben war die eine etwas oberhalb des 500 *m*-Horizontes geschöpft worden, nämlich die auf Station 13 knapp über dem Grunde (400 *m*) aufgefangene. Die beiden anderen salzarmen Wasserproben stammten aus 500 *m* Tiefe unter den Stationen 25 und 32. Die Unterschiede im Salzgehalt dieser drei Wasserproben waren nicht gross.

Die salzreichen Wasserproben des 500 *m*-Horizontes rührten von den Stationen 1, 2, 3, 29, 30, 33, 37 und 38 her. Bei ihnen waren die Unterschiede im Salzgehalt bedeutender. Den Wasserproben von den Stationen 1, 2, 3, 30, 37 und 38 waren die grössten specifischen Gewichte, nämlich mehr oder weniger solche des Mittelmeerwassers eigen. Die auf Station 33 in 500 *m* Tiefe geschöpfte Wasserprobe hatte einen etwas geringeren Salzgehalt. Einen Salzgehalt, der nur wenig grösser war als das Mittel der Salzgehalte des Tiefenwassers im Ägäischen Meer und des Oberflächenwassers im Schwarzen Meer, besass die auf Station 29 aus 500 *m* Tiefe emporgeholte Wasserprobe.

Bis 500 *m* Tiefe taucht also nur sehr selten ein Oberflächenwasser des Marmara-Meeres unter, ohne sich mit dem schon von 50 *m* Tiefe an die Hauptmasse ausmachenden, aus dem Mittelmeer stammenden salzreichen Wasser zu vermischen. Dass dagegen an manchen Stellen dieser Hauptmasse des Marmara-Meeres ein mit mehr oder weniger vollständiger Vermischung verbundenes Untertauchen von salzarmem Oberflächenwasser stattfindet, ist um so wahrscheinlicher, je grössere Schwankungen der Salzgehalt dieser Hauptmasse des Wassers aufweist. Würde das in den Tiefen unter 50 *m* befindliche Wasser im Marmara-Meer stille stehen, dann müsste überall der gleiche Salzgehalt, nämlich der Salzgehalt des durch die Dardanellen einflussenden Mittelmeerwassers herrschen. Wenn nun dieses Wasser in allen Tiefen Schwankungen des Salzgehaltes zeigt, in dem Sinne, dass fast überall mehr oder weniger bedeutende Verringerungen desselben vorkommen, so deutet dies an, dass von der obersten Wasserschicht aus eine langsam fortschreitende Vermischung mit dem aus dem Schwarzen Meer stammenden Wasser erfolgt.

Die durch auf- und absteigende Strömungen veranlasste Durchmischung des in der Tiefe des Marmara-Meeres bei weitem die Hauptmenge ausmachenden salzreichen Mittelmeerwassers mit dem oben aufschwimmenden salzarmen Schwarzenmeewasser müsste, wenn der Zufluss von frischem salzreichen Wasser durch die Dardanellen und von frischem salzarmen Wasser durch den Bosphorus ganz oder fast ganz aufhören würde, mit der Zeit bewirken, dass der Salzgehalt in allen Wasserschichten gleich wird. Dabei sei bemerkt, dass die hypothetische kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meer wegen des Beharrungsvermögens des im Laufe langer Zeit zu Stande gekommenen stationären Bewegungszustandes bei einer sich ereignenden Absperrung der beiden Meerengen einstweilen auch dann andauern würde, wenn die Hauptursache dieser kreisenden Bewegung in dem als treibende Kraft wirkenden raschen Einströmen von Wasser durch die beiden Meerengen liegen würde.

Würde in allen Theilen und Schichten des Marmara-Meeres die Durchmischung benachbarter Wassermassen gleichartig vor

sich gehen, dann wäre es unmöglich, dass sich in nächster Nähe bei einander so ganz verschiedene Wassermassen befinden, von denen nämlich die einen fast doppelt so viele Percente Salz enthalten als die anderen, wie es sich in den meisten Fällen in 10 und in 50 *m* Tiefe, in manchen Fällen auch in den grösseren und in den grössten Tiefen des Marmara-Meeres herausgestellt hat. Wenn eine regelmässige Durchmischung der einzelnen Horizontalschichten von der Meeresoberfläche bis zum Meeresgrunde stattfinden würde, dann würden im Marmara-Meer nicht so ungemein verwickelte Verhältnisse in Bezug auf die Vertheilung des Salzgehaltes herrschen, wie sie thatsächlich beobachtet worden sind. Bei einer solchen regelmässigen Durchmischung würden sich wahrscheinlich im Marmara-Meer die durch die Dardanellen aus dem Mittelmeer einströmenden Wassermassen mit den durch den Bosphorus aus dem Schwarzen Meer einströmenden Wassermassen der Hauptsache nach schon durchmischt haben, in der Art, dass sich ein annähernd mittlerer Salzgehalt eingestellt hätte. Natürlich müsste der Salzgehalt von oben nach unten allmähig zunehmen, weil einerseits fortwährend leichtes Wasser zufliesst, anderseits fortwährend schweres Wasser aus dem Mittelmeer zufliesst und untersinkt. Es hätten also im Marmara-Meer ein ähnlicher Durchschnittsbetrag und eine ähnliche Vertheilung des Salzgehaltes zu Stande kommen müssen, wie sie im Schwarzen Meer, dessen Tiefe im Verhältniss zur Oberflächenausdehnung viel geringer ist, wirklich vorhanden sind.

Würde in der Jetztzeit — wegen eingetretener Änderungen in der Gestaltung des Meeresbodens — die Durchmischung der aus dem Ägäischen Meer und der aus dem Schwarzen Meer in das Marmara-Meer einströmenden Wassermassen in dem zuletzt angedeuteten Sinne erfolgen, dann würde dadurch im weiteren Verlaufe der Zeit auch der Charakter des Schwarzen Meeres verändert werden. Während jetzt als Unterstrom des Bosphorus nahezu unverdünntes Mittelmeewasser in das Schwarze Meer einströmt, würde eine im Marmara-Meer vor sich gehende mehr oder weniger vollständige Durchmischung seiner gesammten Wassermasse es früher oder später dahin bringen, dass nur verdünntes und zwar in immer stärkerem Masse verdünntes

Mittelmeerwasser als Unterstrom des Bosphorus in das Schwarze Meer einfließen könnte. Eine Folge dessen müsste sein, dass sich der Salzgehalt des Schwarzen Meeres immer mehr verringerte, was mit der Zeit dem Schwarzen Meer den Charakter eines Brackwassersees wiedergeben würde. Bedingung für diese Änderung des Salzgehaltes im Schwarzen Meere wäre, dass der Oberstrom des Bosphorus, weil er durch die Bewegung des gesammten Wassers im Schwarzen Meer mit allen Theilen und Tiefen dieses Meeres in Verbindung steht, im Stande ist, Salz aus dem Schwarzen Meere wegzuführen. In dem angenommenen Fall, dass schon im Marmara-Meer und nicht erst im Schwarzen Meer die Verdünnung des durch die Dardanellen einströmenden Mittelmeerwassers vor sich geht, würde die Aussüssung des Schwarzen Meeres dadurch gefördert werden, dass der Unterstrom des Bosphorus mehr oder weniger, früher oder später aufhören müsste, während er jetzt ungefähr ebensoviel Wasser in das Schwarze Meer hineinführt (als schweres Salzwasser hineinfallen lässt), wie die Donau.

In wie weit derartige Vorgänge bei den mannigfaltigen Änderungen mitgewirkt haben, welche in früheren Zeiten die an das Mittelmeer sich anschliessenden, öfters bis in die Gegend von Wien und weit in das Innere von Asien sich erstreckenden Wasserbecken zu erleiden hatten?

Es ist möglich, dass derartige Vorgänge in diesen Wasserbecken sowohl, als auch in denjenigen Theilen des jetzigen Mittelmeeres, die erst spät in vollen Zusammenhang mit dem Hauptbecken des jetzigen oder früheren Mittelmeeres getreten sind, so z. B. im Ägäischen Meer allerdings eine Rolle gespielt haben, aber nicht bloss durch Vermittlung des Marmara-Meeres, sondern auch durch die von anderen kleinen Meeren, welche zwischen grösseren Meeren, oder zwischen solchen grösseren Meeren und dem Ocean eingeschaltet waren. In Bezug auf die Strömungen, welche in diesen kleinen Zwischenbecken herrschten, musste unter sonst gleichen Umständen die Bodengestaltung, vor Allem das Verhältniss zwischen Flächenausdehnung und Tiefe von grösster Wichtigkeit sein.

Ob in diesen Zwischenbecken, sowie im jetzigen Marmara-Meer, ein Durchfluss von Süsswasser, von reinem oder von

einem mit Meerwasser vermischten, stattfand, musste in erster Linie von der Bodengestaltung der, um die beiderseits angrenzenden Meere gelegenen Länder abhängen. Nämlich davon, ob diese Länder im Stande waren, durch ihre Flächenausdehnung, Lage und Höhe dem einen der angrenzenden Meere, wie es jetzt beim Schwarzen Meer der Fall ist, so viel atmosphärisches Wasser zuzuführen, dass ein Abfluss durch das Zwischenbecken u. s. w. in den Ocean vor sich ging. Neben der Gesteinslockerung und Gesteinszerkleinerung an der Oberfläche des Festlandes unter dem Einfluss der Temperaturschwankungen, neben den von Wasserläufen und Winden bewirkten Übertragungen fester Gesteinstheilchen von einer Stelle des Festlandes zu einer anderen, sowie vom Festland in die einzelnen Meeresgebiete und in den Ocean, neben den durch fliessendes und sickern des Süsswasser veranlassten Lösungserscheinungen, neben den Formveränderungen, welche die Erdkruste unter dem Einfluss der fortschreitenden Erkaltung des Erdinnern erlitten hat, — wird auf die Bodengestaltung der zwischen oder in Europa, Afrika und Asien gelegenen, im Laufe der geologischen Perioden in so verschiedenem Grade von Wasser, und zwar von Wasser mit wechselndem Salzgehalt, erfüllt gewesenen Einzelbecken des »Mittelmeeres« im weitesten Sinne des Wortes und auf die Bodengestaltung der Länder, welche diese Einzelbecken umgaben, — auch »das capillare Aufsteigen von Meerwasser in Festlandsmassen« durch Veranlassung von Lösungs- und Fällungserscheinungen eingewirkt haben. Wie ich in meinem letzten »Pola«-Bericht ausgeführt habe, ist es wahrscheinlich, dass die chemischen und physikalischen Lösungs- und Fällungserscheinungen, welche im Meere und im Meeresgrunde vor sich gehen, auch in den an den Meeresgrund sich anschliessenden Festlandsmassen stattfinden, soweit, als ein capillares Aufgesaugtwerden von Meerwasser von Seiten der unmittelbar angrenzenden oder der entfernteren Festlandsmassen angeregt wird. Die von dem capillaren Aufsteigen des Meerwassers in Festlandsmassen zu erwartenden Erscheinungen zeichnen sich durch grosse Mannigfaltigkeit aus. Aus vergangenen Zeiten müssen dort manche, und vielleicht die wichtigsten Erscheinungen noch heute unmittelbar oder in ihren Folgen zu beob-

achten sein, wo die Einschaltung von Meer und. von Meerestheilen zwischen einzelnen Festlandsmassen besonders reichlich vorhanden war. Und dies war wohl bei dem sich bis in das Innere von Europa und Asien erstreckenden ehemaligen Mittelmeer der Fall. Wenn nun wirklich in noch vorhandenen, noch nicht durch Erosion abgetragenen Randgebirgen und Bodenschichten einzelner Theile des ehemaligen Mittelmeeres Andeutungen von Wirkungen des capillaren Aufsteigens von Meerwasser in Festlandsmassen, wie Vorkommen von Kalkstein und Marmor,<sup>1</sup> von Salzlagern und von Petroleum vorhanden sind, so ist es vielleicht erlaubt, darauf hinzuweisen, dass je nach der Vertheilung des Salzgehaltes in den übereinander gelagerten oder, besser gesagt, in den übereinander in vorwiegend horizontaler Bewegung befindlichen Wasserschichten der in früheren Zeiten bestandenen Einzelmeere ganz verschiedene Lösungs- und Fällungserscheinungen sowohl von dem Wasser der Einzelmeere selbst, als auch von dem Wasser, das von dem Grunde der Einzelmeere aus in Festlandsmassen capillar aufstieg, bewirkt werden mussten. Je nachdem — eventuell in Folge eingetretener Strömungsänderungen in kleinen Zwischenbecken — die Durchmischung der übereinander befindlichen Wasserschichten ausgiebig war oder nicht, musste ein erheblicher Unterschied im Salzgehalt zwischen dem Oberflächenwasser und dem Tiefenwasser fehlen oder bestehen. War die Durchmischung der Wassermassen ausgiebig, dann konnte auch kein bedeutender Unterschied in der chemischen Zusammensetzung des Oberflächen- und des Tiefenwassers vorhanden sein. In diesem Falle, der im Ocean die Regel ist, konnten sich auch keine sehr auffallenden chemischen Vorgänge einstellen. Wenn hingegen, wie es heutzutage im Schwarzen Meer der Fall ist, der Salzgehalt constant von der Meeresoberfläche bis zum Grunde abnahm, also oben sich eine relativ leichte Wasserschicht befand, welche die unteren Wasserschichten von der Atmosphäre abschloss, dann musste dies

---

<sup>1</sup> Im westlichen Theil des Marmara-Meeres befinden sich hohe und steile Uferwände, welche regelmässige Schichtungen aufweisen. Es ist dies auch bei Theilen der Marmara-Insel der Fall. Auf der Höhe der Marmara-Insel sind Marmor-Brüche, von welchen vielleicht Insel und Meer ihren Namen haben.

eigenartige chemische Vorgänge, wie z. B. die in den Tiefen des Schwarzen Meeres thatsächlich beobachtete Schwefelwasserstoffbildung, zur Folge haben. Nunmehr mussten von den normalen ganz verschiedene Lösungs- und Fällungserscheinungen sowohl auf dem Meeresgrund als im Bereiche des vom Meeresgrunde aus in Festlandsmassen capillar aufsteigenden Wassers stattfinden. Da in solchen Meerestiefen freier Sauerstoff fehlte, konnte zu allen im freibeweglichen und im capillar aufsteigenden Wasser vor sich gehenden Oxydationen nur der gebundene Sauerstoff der schwefelsauren Salze herangezogen werden. Dies führte zur Bildung von Schwefelwasserstoff, Schwefelmetallen und Schwefel, was für den Fall des späteren Hingelagens von freiem Sauerstoff, sei es Luftsauerstoff oder in Süß- oder Meerwasser gelöster Sauerstoff, zu chemischen Reactionen und zu Wärmeentwicklung Anlass bot. Wenn man festhält an dem, der vorliegenden Abhandlung zu Grunde liegenden Gedanken, dass sowohl im Ocean als auch in allen mit dem Ocean, wenn auch durch noch so schmale und seichte Meerengen, verbundenen Wasserbecken eine stete Erneuerung des Wassers in allen Tiefen stattfindet, welche diesen Wasserbecken immerfort frisches Wasser aus dem Ocean zuführt und welche aus diesen Wasserbecken immerfort einzelner Bestandtheile beraubtes Wasser in den Ocean hinausführt, — dann ist zu erwarten, dass überall dort, wo sich in den Meerestiefen Schwefelwasserstoff befand, eine wenn auch noch so langsame Fällung derjenigen halbedlen und edlen Metalle, als solche oder in Verbindungen, vor sich ging, welche in ganz geringen Mengen oder in Spuren im Meerwasser als Salze gelöst sind. Das Vorkommen von Schwefel und Schwefelmetallen, das Sichereignen vulkanischer Erscheinungen, die Örtlichkeit von Erzgebirgen würden darnach in Zusammenhang stehen mit den Bewegungsformen der Wassermassen, welche einstmals die Einzelbecken des ehemaligen Mittelmeeres erfüllt haben. —

Um zu den jetzt bestehenden Verhältnissen des Marmarameeres zurückzukehren, sei hervorgehoben, dass die mittleren Theile dieses Meeres, in welchen wegen der angenommenen, kreisenden, wirbelartigen Bewegung des gesammten Wassers ein Eingesaugtwerden von Oberflächenwasser zu erwarten ist,

thatsächlich bis in die grössten Tiefen niedrige specifische Gewichte des Wassers, wie sie sonst nur dem zumeist aus dem Schwarzen Meer stammenden Oberflächenwasser zukommen, aufwiesen, dass dagegen an den Rändern des Marmara-Meeres, besonders an den Rändern der tiefsten Theile dieses Meeres, von 50 *m* Tiefe an bis in die grössten Tiefen gleich hohe specifische Gewichte des Wassers, welche mit dem specifischen Gewicht des Mittelmeerwassers übereinstimmten, gefunden worden sind.

Wegen dieses verschiedenen specifischen Gewichtes einzelner Theile des Marmara-Meeres müsste sich nach dem Gesetz der communicirenden Gefässe ein ziemlich bedeutender Unterschied in der Niveauhöhe der betreffenden Theile des Marmara-Meeres einstellen, wenn plötzlich die Gesamtbewegung des Wassers gehemmt werden würde, und wenn dann die verschieden schweren Wassersäulen im Stande wären, die von diesem Gesetz verlangten Gleichgewichtslagen einzunehmen, bevor eine gegenseitige Durchmischung stattgefunden hat.

Auf der Station 25 wurden in den verschiedenen Wasserschichten zwischen der Meeresoberfläche und dem 550 *m* tiefen Meeresgrund annähernd gleiche Salzgehalte nachgewiesen, deren Mittelwerth durch das specifische Gewicht 1·017 angezeigt wird.

Auf der Station 38 wurden mit Ausnahme der obersten, wenige Meter dicken Wasserschicht bis zu dem 1506 *m* tiefen Meeresgrund ebenfalls annähernd gleiche Salzgehalte nachgewiesen, deren Mittelwerth durch das specifische Gewicht 1·029 angezeigt wird.

Betrachtet man den 500 *m* unter der Meeresoberfläche befindlichen Horizont als fix, dann müsste, da sich die Flüssigkeitshöhen in communicirenden Röhren umgekehrt verhalten wie die specifischen Gewichte, die Wassersäule unter Station 25 um 6 *m* höher sein als die Wassersäule unter Station 38.

Dieser ziemlich grosse Betrag, um den sich das Meeresniveau auf der beiläufig in der Mitte des Marmara-Meeres gelegenen Station 25 höher einstellen würde als auf der am Rande des Marmara-Meeres gelegenen Station 38, wenn die kreisende Bewegung des gesammten Wassers plötzlich aufhören würde,

zeigt, welche bedeutende Kraft für diese wirbelartig wirkende Bewegung zur Verfügung steht.

Wenn das, wahrscheinlich in absteigenden, von den mittleren Theilen des Marmara-Meeres ausgehenden Spirallinien erfolgende Eingesaugtwerden von Oberflächenwasser es bewirkt hat, dass unter Station 25 von der Meeresoberfläche bis zum Grunde nur der geringe Salzgehalt des sonstigen Oberflächenwassers nachgewiesen werden konnte, dann kommt dies jedenfalls daher, dass sehr viele Strähne von ehemaligem Oberflächenwasser die Wassersäule unter Station 25 in mehr oder weniger absteigender Richtung durchsetzen.

Das Gegentheil davon trifft jedenfalls unter Station 38 zu, indem die unter dieser Station befindliche Wassersäule, mit Ausnahme der obersten wenigen Meter, von schwerem Tiefenwasser in vorwiegend horizontaler, dabei jedoch mehr oder weniger aufsteigender Richtung durchsetzt wird. Das schwere Tiefenwasser wird durch die kreisende Bewegung des gesamten Wassers an den Rand des Meeres gedrängt. Dabei wird es an unterseeischen Abhängen, deren Abdachungen gegen die Mitte des Meeres gerichtet sind, emporgeschoben. Früher oder später können auf diese Art alle Theile des Tiefenwassers an den Rändern des Marmara - Meeres zum Aufsteigen bis wenige Meter unter der Meeresoberfläche oder, insoferne eine Durchmischung mit der oben in einer Dicke von wenigen Metern aufschwimmenden leichten Wasserschicht eintritt, bis zur Oberfläche des Meeres gelangen. Aus diesen oberen und obersten Schichten des Meeres kann das vorher emporgeschobene Tiefenwasser früher oder später durch die in den mittleren Theilen des Meeres vorhandene einsaugende Kraft der kreisenden Bewegung des gesamten Wassers wieder zum Untertauchen gebracht werden.

Die kreisförmige Horizontalbewegung des gesamten Wassers im Marmara-Meer muss also eine viel langsamer verlaufende Verticalbewegung zur Folge haben, in dem Sinne, dass in der Mitte des Meeres das Wasser unternimmt und an den Rändern des Meeres das Wasser auftaucht.

Regelmässig könnten diese beiden von einander abhängigen Bewegungen nur verlaufen, wenn das Becken des

Marmara-Meeres die Form einer runden Schüssel besässe. Die unregelmässige Gestaltung des Bodens im Marmara-Meer muss natürlich im höchsten Grade die Bewegungsrichtungen beeinflussen.

So ist es erklärlich, dass auf einzelnen Stationen in verschiedenen Tiefen ungemein wechselnde Salzgehalte des Wassers gefunden werden konnten.

Auf Station 9 ergab sich bei einer Meerestiefe von 1225 *m* schon zwischen 0 und 100 *m* Tiefe ein Durcheinander verschieden schwerer Wasserschichten. Die Wasserproben aus 0, 5, 10, 50, 60 und 80 *m* Tiefe wiesen einen Salzgehalt auf, wie er sonst dem Oberflächenwasser eigen ist. Die Wasserproben aus 40 und 100 *m* Tiefe waren ebenso, die Wasserprobe aus 20 *m* Tiefe war fast ebenso salzreich wie sonst zumeist, und auch hier das Tiefenwasser, d. h. wie das Mittelmeerwasser. Die Wasserproben aus 30 und 70 *m* Tiefe ergaben einen Salzgehalt, der in der Mitte stand zwischen dem des Oberflächenwassers und dem des Tiefenwassers.

Auf Station 13 war das Meer 400 *m* tief. In 0, 5, 10, 100, 200, 300 *m* Tiefe, sowie am Grunde war der Salzgehalt des Wassers nahezu ganz gleich niedrig, d. h. wenig grösser als der des Oberflächenwassers im Schwarzen Meer. In 50 *m* Tiefe dagegen war der Salzgehalt fast gleich dem des Mittelmeerwassers.

Auf Station 32 wurde bei einer Meerestiefe von 1090 *m* in 0, 5, 10, 250, 500 und 1000 *m* Tiefe Wasser gefunden, das nur wenig mehr Salz enthielt als das Oberflächenwasser des Schwarzen Meeres, dagegen in 50 und 750 *m* Tiefe Wasser, das ebenso salzreich war wie das Mittelmeerwasser.

Das Auffallendste an diesem Durcheinander von Wassermassen verschiedenen Salzgehaltes ist, dass öfters schwere Wassermassen über leichten, beziehungsweise leichte Wassermassen unter schweren angetroffen wurden.

Um zu erfahren, ob die übereinander vorhandenen Wasserschichten unter einer Station sich in stabilem oder labilem (dynamischen) Gleichgewicht befinden, müssen natürlich die auf Temperatur und Druck der Tiefen Rücksicht nehmenden wahren specifischen Gewichte in Vergleich gezogen werden.

So ergibt sich, dass unter Station 9 in 20 und 40 *m* Tiefe, unter Station 13 in 50 *m* Tiefe, unter Station 29 in 10 und 500 *m* Tiefe, endlich unter Station 32 in 50 und 750 *m* Tiefe schwere Wassermassen über leichten vorhanden waren. Der Betrag, um den das obere Wasser schwerer war als das untere, war in den einzelnen Fällen sehr verschieden. Am kleinsten war dieser Betrag unter Station 29. Dass überhaupt ein schweres Wasser über einem leichten Wasser vorhanden sein kann, kommt offenbar daher, dass wegen Antheilnahme an der kreisenden, vorwiegend horizontal verlaufenden Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meer die betreffenden Wassermassen sich zu rasch horizontal oder absteigend oder aufsteigend vorwärtsbewegen, als dass sie entsprechend ihren spezifischen Gewichten Platz wechseln könnten. Es geht etwas Ähnliches vor, wie bei einem Geschoss, das nicht zu Boden sinkt, so lange es daran durch die ihm vom Geschütz mitgetheilte Kraft gehindert wird.

Leichte Wassermassen fanden sich unter schweren Wassermassen auf Station 9 in 30, 50, 60 und 80 *m* Tiefe, auf Station 13 in 100 *m* Tiefe, auf Station 29 in 50 und 1000 *m* Tiefe, endlich auf Station 32 in 250 und 1000 *m* Tiefe.

### Seetemperaturen.

Die im Marmara-Meer beobachteten Seetemperaturen schwankten zwischen 10·9° C. und 21·9° C.

Das Minimum wurde auf Station 43 in 25 *m* Tiefe, knapp über dem Meeresgrund, beobachtet, das Maximum im Oberflächenwasser der Station 20.

Dass das Maximum der Seetemperatur im Oberflächenwasser angetroffen wurde, ist leicht verständlich, da die Expedition im Frühjahr stattfand, demnach zu einer Zeit, als in den Tiefen des Meeres höchstwahrscheinlich noch die Wintertemperatur herrschte, und die Erwärmung von der Meeresoberfläche aus Fortschritte machte.

Auffallend ist jedoch, dass sich das Temperaturmaximum nicht an jenem Ort vorfand, an welchem während der Expedition die höchste Lufttemperatur herrschte. Es hätte dies der Fall sein müssen, wenn die Temperaturerhöhung des Ober-

flächenwassers durch die Sonnenwärme überall in gleicher Weise vor sich ginge.

Lufttemperaturen über  $25^{\circ}$  wurden beobachtet auf den Stationen 1, 3, 4, 5, 8, 17, 18, 25, 26, 27 *b*, 29, 34, 36—44. Von diesen Lufttemperaturen waren die höchsten (über  $28^{\circ}$ ) die auf den Stationen 3, 8, 26, 34, 43 und 44.

Da unter Tags die Lufttemperatur immer, bei Nacht fast immer höher war als die Temperatur der Wasseroberfläche, konnte fast immer und fast überall die Temperatur der Wasseroberfläche zunehmen. Darnach liesse sich eine ziemlich gleichmässige Temperatur der Meeresoberfläche erwarten. Die Beobachtungen ergaben aber sehr erhebliche Temperaturunterschiede auf den einzelnen Stationen.

Es ist wahrscheinlich, dass sich dort die höchsten Temperaturen des Oberflächenwassers und des Wassers der obersten Meeresschichten einstellen, wo das Wasser entweder stille steht oder wo die Bewegung der übereinander befindlichen Wasserschichten nur horizontal verläuft, so dass lange Zeit dasselbe Wasser der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen und durch die Luft ausgesetzt bleibt. Unter diesem Gesichtspunkt ist es interessant zu verfolgen, wo sich auffallend warmes Wasser im Marmara-Meer vorfand.

Temperaturen von  $21$  bis  $21.9^{\circ}$ , letztere Temperatur, wie schon gesagt, das beobachtete Maximum, fanden sich im Oberflächenwasser der knapp neben einander liegenden Stationen 17—20 und im Oberflächenwasser der Station 28, sowie auch in  $5\ m$  Tiefe unter der letzteren Station, daselbst (in  $5\ m$ ) jedoch nur am Abend, nicht auch am darauf folgenden Morgen. In der Bucht von Pänderma, in welcher Station 28 lag, ist, wie schon im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, unter der Annahme, dass die kreisende Bewegung des Wassers im Marmara-Meer im Süden von W nach O verläuft, ein relativ stillstehendes Wasser zu erwarten. Bei den Stationen 17—20, sowie auch weiter gegen San Stefano (bei Constantinopel), ist zu erwarten, dass die Wassermassen von O nach W ziehen, ohne eine erhebliche verticale Durchmischung zu erleiden.

Temperaturen von  $20.5$ — $21^{\circ}$  wurden beobachtet im Oberflächenwasser der Stationen 26, 27 *a*, 30, 31 und 33, in  $5\ m$  Tiefe

auf Station 31, und auf Station 27*b* knapp über dem 49 *m* tiefen Meeresgrund. Auf den Stationen 30 und 31 machte sich jedenfalls für das Zustandekommen der hohen Temperatur des Oberflächenwassers derselbe Umstand geltend wie auf den Stationen 17—20, nämlich der, dass sich das Oberflächenwasser, bevor es dahin kam, eine lange Strecke von Osten her bewegt hat, ohne mit darunter befindlichem Tiefenwasser erheblich vermischt zu werden. Ursache dessen mag wiederum sein, dass der nördliche steile unterseeische Abhang des Marmara-Meeres von der Station 8 bis zur Station 31 derart verläuft, dass das Tiefenwasser annähernd parallel vorbeiziehen kann. Wenn die Temperatur der Meeresoberfläche auf den Stationen 30 und 31 etwas niedriger gefunden wurde als auf den Stationen 17—20, obwohl die ersteren Stationen weiter im Westen liegen, ihr Oberflächenwasser also längere Zeit bei dem Vorüberziehen längs der Nordküste der Atmosphäre hätte ausgesetzt gewesen sein können, so dürfte dies zum Theil daher kommen, dass die zwischen Silivri und Rodosto etwas in das Meer vorspringende Küste eine geringe Durchmischung von vorüberziehendem Oberflächenwasser mit darunter befindlichem (vorüberziehendem) kalten Wasser veranlasste, zum Theil daher, dass der während der Beobachtungen auf den Stationen 30 und 31 herrschende heftige Wind aus WSW durch Wegdrängen von Oberflächenwasser, beziehungsweise durch Aufsteigenlassen von unmittelbar darunter befindlichem Wasser, sowie auch durch die Beförderung der Verdunstung die Oberflächentemperatur — ganz unbedeutend — herabgedrückt hat. — Die hohe Temperatur des Oberflächenwassers auf Station 33 ist entweder dem Zufluss von warmem Oberflächenwasser aus dem nördlichen Randgebiete des Marmara-Meeres zuzuschreiben oder dem Umstand, dass daselbst weniger Tiefenwasser heraufgeschoben wird als in der Nachbarschaft. — Die hohen Oberflächentemperaturen der im Süden des Marmara-Meeres gelegenen Stationen 26 und 27 sind jedenfalls unabhängig von den hohen Temperaturen im Norden dieses Meeres. Sie könnten dadurch zu erklären sein, dass auf diesen beiden Stationen wegen ihrer Lage im Osten der Marmara-Inseln eine schwächere Strömung und demnach eine geringere Durchmischung der

über einander befindlichen Wasserschichten stattfindet, wenn nicht das Oberflächenwasser der Station 35, welche Station den Marmara-Inseln noch näher liegt, eine etwas niedrigere Temperatur aufgewiesen hätte. Der Unterschied in den Oberflächentemperaturen der Stationen 35 und 26—27 ist verständlich, wenn man annimmt, dass durch die Meeresstrasse zwischen der grössten Marmara-Insel und der Artaki-Halbinsel das Wasser sich mit relativ grosser Geschwindigkeit gegen Osten bewegt, dass also in dieser Strasse eine lebhaft Durchmischung der Wasserschichten stattfindet. Nach dieser Annahme würde sich gegen Osten, gegen die Stationen 26 und 27, die Geschwindigkeit der Bewegung und mithin der Grad der Durchmischung der Wasserschichten verringern, so dass zwischen den Stationen 35 und 26—27 längere Zeit auf seinem Wege gegen Osten dasselbe Wasser an der Meeresoberfläche verweilen und sich erwärmen könnte. Wegen der Kürze der Strecke zwischen der Station 35, von welcher aus vermuthlich ein Wasser gegen Osten fliesst, dem viel kaltes Tiefenwasser, aus den Tiefen des nordwestlichen Theiles des Marmara-Meeres emporgeschoben, beigemischt sein dürfte, und den Stationen 26 und 27 ist zu erwarten, dass sich auf diesen beiden letzteren Stationen, und zumal auf Station 27, welche dem unmittelbaren Zufluss von Wasser aus dem nordwestlichen Theil des Marmara-Meeres mehr entrückt ist, der Wechsel der Tageszeit in Bezug auf die Wassertemperaturen bemerkbar machen wird. In der That besass auf der Station 27 das Oberflächenwasser nur am Abend, wo die Erwärmung des Wassers auf dem Wege in der Richtung von der Station 35 her stattgefunden haben konnte, die auffallend hohe Temperatur  $21.0^{\circ}$ . Am darauf folgenden Vormittag zeigte das Oberflächenwasser derselben Stelle nur  $18.5^{\circ}$ . Auch in 5 und 10 *m* Tiefe war auf dieser Station Vormittags eine niedrigere Temperatur zu beobachten als Abends. Das Umgekehrte war der Fall knapp über dem 49 *m* tiefen Meeresgrund unter dieser Station. Dort herrschte am Abend eine Temperatur von  $14.9^{\circ}$ , am Vormittag eine Temperatur von  $21.0^{\circ}$ . Dieser grosse, im Laufe von etwas mehr als 12 Stunden eingetretene Wechsel der Temperatur an ein und derselben Stelle, 49 *m* unter der Meeresoberfläche, weist

darauf hin, dass durch diese Stelle bald Wasser fließt, das schon lange nicht an der Meeresoberfläche war, bald Wasser, das so rasch zum Untertauchen von der Meeresoberfläche aus gebracht worden ist, dass es seine auffallend hohe Temperatur nicht an benachbartes kaltes Wasser abgeben konnte.

Durch die Lage der betreffenden Stationen, beziehungsweise durch die aus der Lage folgende geringe Durchmischung der obersten Wasserschichten, weniger an Ort und Stelle als in der Gegend, aus welcher das Wasser den Stationen zugehoben war, ist es offenbar auch bedingt, dass die immerhin noch auffallend hohe Temperatur von  $20\text{--}20.5^\circ$  beobachtet wurde im Oberflächenwasser der Station 15, in  $5\text{ m}$  Tiefe auf Station 19, im Oberflächenwasser und in  $5\text{ m}$  Tiefe auf Station 25, in  $5\text{ m}$  Tiefe auf Station 33, endlich im Oberflächenwasser und in  $5\text{ m}$  Tiefe auf Station 34.

Was nun die auffallend niedrigen Seetemperaturen betrifft, so wurde, wie schon gesagt, das Minimum auf der Station 43 knapp über dem dort nur  $25\text{ m}$  tiefen Meeresgrund beobachtet. Wie sich oben aus der Zusammenstellung der spezifischen Gewichte der einzelnen Wasserproben aus dem westlichsten, zu den Dardanellen führenden Theil des Marmara-Meeres ergab, ist es wahrscheinlich, dass das aus den Dardanellen als Unterstrom kommende Mittelmeerwasser beim Eintritt in den westlichsten Theil des Marmara-Meeres sich nicht entlang der Südküste weiterbewegt, sondern zur Nordküste bei Sar Kioe gedrängt wird, und zwar deshalb, weil zwischen der Station 44 und dem Cap Kara Burnu ein Heraufgeschobenwerden von Tiefenwasser aus dem nordwestlichen Theil des Marmara-Meeres stattfindet. Im Sommer 1893 sind auf der IV. Tiefsee-Expedition S. M. Schiffes »Pola« in grossen Tiefen des Ägäischen Meeres auffallend niedrige, bis  $12.7^\circ$  sinkende Temperaturen beobachtet worden. Es ist demnach wohl sehr wahrscheinlich, dass der im Frühjahr aus geringen Tiefen des Ägäischen Meeres kommende Unterstrom der Dardanellen, indem er sich nicht gegen Station 44, sondern gegen Station 43 wandte, unter letzterer Station die niedrigste Temperatur von  $10.9^\circ$  zum Vorschein brachte.

Der Umstand, dass sich im ganzen Marmara-Meer nirgends eine ebenso niedrige oder noch niedrigere Temperatur vorfand als hier in der Nähe der Dardanellen, zeigt, dass weder das im Laufe des vorangegangenen Winters durch die Dardanellen eingeflossene kalte Wasser aus dem Ägäischen Meer, noch das bedeutend kältere Wasser aus dem Schwarzen Meer, noch auch das im Marmara-Meer selbst während des Winters an der Oberfläche erkaltete und dann eventuell untergesunkene Wasser seine niedrige Temperatur bis Ende Mai bewahren konnte.

Nach Analogie mit anderen kleinen und tiefen Meeren ist zu erwarten, dass in dem grössten Theil des Marmara-Meeres, nämlich in dem den raschen und starken Temperaturschwankungen der Meeresoberfläche entrückten Tiefenwasser, das ganze Jahr eine gleichförmige Temperatur herrscht, welche im Verlaufe langer Zeit stationär geworden ist. Im Mittelländischen Meere ist diese stationär gewordene Temperatur gleich der mittleren Wintertemperatur der um dieses Meer gelegenen Länder. Der Dardanellenstrom kann in oder nach dem Winter, besonders dann, wenn durch starke und anhaltende Westwinde Wasser aus dem nördlichen Theil des Ägäischen Meeres zum Eingang der Dardanellen gedrängt worden ist, auffallend kaltes Wasser in das Marmara-Meer führen. Den grössten Theil des Jahres muss jedoch in die Dardanellen als Unterstrom ein Tiefenwasser einlaufen, welches aus dem östlichsten Theil des Mittelmeeres, aus dem es sich durch die Strasse von Rhodus und längs der Westküste Kleinasiens, zugleich mit und unter dem Oberflächenwasser fortbewegt hat, stammt und von dort die durchschnittliche Temperatur  $13.6^{\circ}$  mitbringt, also eine höhere Temperatur als die mittlere Wintertemperatur der Gestade des Marmara-Meeres. Noch weiter erhöhend auf die das ganze Jahr mehr oder weniger unverändert andauernde Durchschnittstemperatur der Hauptmasse des Wassers im Marmara-Meer, welche sich unter den oberen Wasserschichten befindet, würde die durch die kreisende Bewegung des gesammten Wassers veranlasste Durchmischung wirken, wenn dieselbe im Stande wäre, Theile der obersten, specifisch leichten Wasserschicht, wenn auch noch so langsam, mit dem Tiefenwasser zu vermischen, oder wenigstens durch Vermittlung der Wärme-

leitung an der Berührungsfläche des salzarmen und salzreichen Wassers einen verticalen Wärmeausgleich zu veranlassen. In anderen abgeschlossenen Meeren hängt die stationäre Tiefen-temperatur mehr von der Winterkälte, d. h. von der durch sie bedingten Erhöhung des specifischen Gewichtes des Oberflächenwassers und von dem darauffolgenden Untersinken und Vertragenwerden dieses kalten Oberflächenwassers ab, als von der Sommerhitze, die das Oberflächenwasser durch die Erwärmung gerade am Untersinken hindert, wenn nicht neben der Erwärmung auch noch ein Verdampfen von Wasser und somit eine Erhöhung des Salzgehaltes stattfindet, was eben in der Regel nur in untergeordnetem Masse geschieht. Fände im Marmara-Meer rein mechanisch, unabhängig von der Erkaltung und Verdunstung des Oberflächenwassers, eine raschere Verticalcirculation statt als im Mittelländischen Meere, dann müsste in denjenigen Tiefen, in welchen die Temperaturunterschiede der Jahreszeiten verschwinden, annähernd die mittlere Jahrestemperatur der Gegend des Marmara-Meeres, welche  $15^{\circ}$  beträgt, herrschen.

Wenn also aus diesen beiden Gründen in den Tiefen des Marmara-Meeres eine höhere Temperatur zu erwarten ist, als die Wintertemperatur der Gestade des Marmara-Meeres und sogar eine höhere als die Temperatur der Tiefen des östlichen Mittelmeeres, so kann ein anderer Umstand, zumal im Frühjahr erniedrigend auf diese Tiefentemperatur gewirkt haben, nämlich der, dass während der Wintermonate ein relativ sehr kaltes Wasser aus dem Schwarzen Meer als Oberflächenstrom des Bosphorus zugeströmt ist.

Von allen auf ihre Temperatur untersuchten Stellen des Oberflächenwassers im Marmara-Meer zeigte nur eine, nämlich die der Station 9 eine auffallend niedrige Temperatur ( $12.6^{\circ}$ ). In Bezug auf diese Station hat es schon die Art der Vertheilung der specifischen Gewichte in dem Oberflächenwasser des östlichen Theiles des Marmara-Meeres wahrscheinlich gemacht, dass ihr vom Bosphorus her Wasser zugeströmt ist. Als solches vor Kurzem aus dem Schwarzen Meer zugeströmtes, kaltes Wasser ist also das Oberflächenwasser der Station 9 zu betrachten.

Die wenigen übrigen gefundenen, auffallend niedrigen Temperaturen (unter  $13\cdot5^\circ$ ) herrschten nicht im Wasser der Meeresoberfläche, sondern unter der Meeresoberfläche. Offenbar war im Mai die Erwärmung der Meeresoberfläche fast überall schon so weit vorgeschritten, dass sich in ihrem Wasser fast nirgends mehr Winterkälte auffallend bemerkbar machen konnte. Unter der Meeresoberfläche blieb sie länger erhalten. Nur ist es sonderbar und jedenfalls durch die complicirten Bewegungserscheinungen des Wassers im Marmara-Meer bedingt, dass sich die zurückgebliebene Winterkälte an weit von einander entfernten Orten und eingesprengt zwischen wärmeren Wassermassen vorfand. Von den unter der Meeresoberfläche beobachteten niedrigen Temperaturen wurde eine, das auf Station 43 am Grund (25 *m*) angetroffene Temperaturminimum von  $10\cdot9^\circ$  schon besprochen und als vor Kurzem aus dem Ägäischen Meer durch den Unterstrom der Dardanellen übertragen hingestellt.

Eine Temperatur von  $11\cdot9^\circ$  fand sich auf Station 10 in 10 *m* Tiefe. Eine Temperatur von  $13\cdot0$ , beziehungsweise  $13\cdot1^\circ$  fand sich auf Station 13 in 200 *m* Tiefe und auf Station 27b in 10 *m* Tiefe. Eine Temperatur von  $13\cdot3^\circ$  war unter Station 35 in 10 *m* Tiefe, eine Temperatur von  $13\cdot4^\circ$  unter Station 9 in 10 *m* unter Station 10 in 5 *m*, unter Station 38 in 250 *m*.

Bei weitem die Mehrzahl der beobachteten Seetemperaturen lag zwischen  $13\cdot5$  und  $20^\circ$ .

In grösseren Tiefen als 300 *m* unter der Meeresoberfläche herrschten Temperaturen von  $14\cdot1$ — $14\cdot6^\circ$ .

Schon daraus, noch mehr jedoch aus den Zusammenstellungen in den Tabellen I a—d erhellt, dass bedeutende locale Schwankungen der Temperatur — so wie im Mittelländischen Meere — nur bis circa 300 *m* unter der Meeresoberfläche vorkommen.

Die unter 300 *m* herrschende Temperatur ist höher als die im Mittelländischen Meer unter 300 *m* herrschende. Ausserdem ist sie grösseren localen Schwankungen unterworfen als die dortige.

Es seien einige Beispiele angeführt, um zu zeigen, wie sehr die Temperatur in den verschiedenen Wasserschichten

unter einer und derselben Station wechselte. Der rasche Temperaturwechsel in den verschiedenen Wasserschichten erinnert an den raschen Wechsel des spezifischen Gewichtes in den übereinander befindlichen Wasserschichten. Beide Erscheinungen kommen jedenfalls von dem Ineinandergeschobenwerden verschiedenartiger Wassermassen her. Auf Station 9 wurde das Temperaturminimum ( $12.6^\circ$ ) im Oberflächenwasser, das Temperaturmaximum ( $17.1^\circ$ ) in 20 *m* Tiefe festgestellt. Wenn man die Temperatur von der Oberfläche aus nach unten verfolgte, so fand sich, dass sie bis 5 *m* anstieg, dann bis 10 *m* wieder etwas fiel. Hierauf zeigte sich ein starkes Ansteigen der Temperatur bis 20 *m* und später ein starkes Fallen derselben bis 30 *m*. Sie fiel langsam weiter bis 50 *m*, stieg etwas an bis 60 und 70 *m*, fiel dann wieder bis 80 *m*. In 80 und 100 *m* Tiefe wurde dieselbe Temperatur ( $14.2^\circ$ ) beobachtet. Unter 100 *m* wurden auf dieser Station bis zum Meeresgrund keine Temperaturbeobachtungen angestellt. Knapp über dem Meeresgrunde (1225 *m*) fand sich fast dieselbe Temperatur ( $14.1^\circ$ ) wie in 100 *m*.

Auf Station 25 wurde das Temperaturmaximum ( $20.4^\circ$ ) im Oberflächenwasser, hingegen als Temperaturminimum sowohl in 50 als in 500 *m* Tiefe die Temperatur  $14.2$  beobachtet. Von der Oberfläche aus sank die Temperatur bis 5, 10 und 50 *m* und stieg bis 100 und 200 *m*. Hierauf sank die Temperatur bis 300, 400 und 500 *m* (Meerestiefe 550 *m*).

Auf Station 32 wurde das Temperaturmaximum ( $19.2^\circ$ ) im Oberflächenwasser, das Temperaturminimum ( $14.0^\circ$ ) 50 *m* unter der Meeresoberfläche gefunden. Von der Oberfläche aus sank die Temperatur etwas bis 5 *m*, blieb sich gleich bis 10 *m*, verringerte sich dann, um in 50 *m* den Werth  $14.0$  zu erreichen. In 250 *m* Tiefe wurden  $15.1^\circ$ , in 500 *m* Tiefe  $14.2^\circ$ , in 750, sowie auch in 1000 *m* Tiefe wurden  $14.3^\circ$  gemessen (Meerestiefe 1090 *m*).

Die Sache verhält sich anscheinend so, dass im Marmarameer durch Vermittlung der kreisenden Bewegung des gesamten Wassers das ganze Jahr (nicht nur im Winter, sondern auch im Sommer) relativ grössere Wassermassen der oberen Meeresschichten zum Untersinken, oder wenigstens zur Wärme-

abgabe nach unten (zunächst durch Wärmeleitung) veranlasst werden als in anderen tiefen Meeren, welche im Verhältniss zu ihrer Oberfläche viel seichter sind, und deren Becken nicht so unregelmässig gestaltet sind wie das des Marmara-Meeres. In Folge dessen konnte sich in den Tiefen des Marmara-Meeres eine Temperatur einstellen, welche wenig niedriger ist, als die mittlere Jahrestemperatur der Umgebung des Marmara-Meeres.

Der Umstand, dass die Tiefentemperatur im Marmara-Meer etwas höher ist als die Tiefentemperatur im Mittelländischen Meer, kann bei der Fauna des Marmara-Meeres eine Rolle spielen. Speciell in der obersten Wasserschicht ist vielleicht der ungemein grosse Reichthum des Marmara-Meeres an Thieren, z. B. Delphinen und Hummern noch mit Folgendem in Zusammenhang zu bringen. Rascher als in anderen Meeren und zu jeder Jahreszeit findet im Marmara-Meer ein Wärmeausgleich zwischen den übereinander befindlichen Wassermassen statt. Dadurch wird sowohl Winterkälte als Sommerhitze vom Oberflächenwasser gegen unten abgelenkt, so dass im Wasser der obersten Meeresschicht die Gegensätze von Winter und Sommer gemildert werden. Die so zu erwartende grössere Gleichförmigkeit der Temperatur in den obersten Meeresschichten wird voraussichtlich dem Leben des Meeres förderlich sein.

#### **Sauerstoff.**

Die für das Thierleben nothwendigste Substanz, der freie Sauerstoff, fand sich im Marmara-Meer an allen Stellen und in allen Tiefen.

Dass in der obersten Wasserschicht Sauerstoff gelöst ist, ergibt sich als nothwendige Folge der Berührung mit der sauerstoffhaltigen Atmosphäre.

Das Wasser der Tiefe würde seines Sauerstoffgehaltes beraubt werden, wenn längere Zeit ein Hinabgelangen von sauerstoffhaltigen Wassermassen aus den obersten Meeresschichten unterbleiben würde. Die organischen Substanzen der aus den reich belebten obersten Meeresschichten in die Tiefe sinkenden Pflanzen- und Thierleichen verbrauchen ja zu ihrer Oxydation fortwährend Sauerstoff. —

Die Tiefen der Meere sind finster, da das Sonnenlicht nur bis 500 *m* in nachweisbarer Menge einzudringen vermag. Schon in bedeutend geringerer Tiefe ist das in das Meer gelangende Sonnenlicht so schwach, dass es nur mehr in geringem Masse im Stande ist, pflanzliches Leben zu ermöglichen, in pflanzlichen Organismen die Production freien Sauerstoffes und die Bildung organischer Substanzen aus anorganischen Stoffen, vor Allem aus Kohlensäure und Wasser zu bewirken. In die oberste, circa 50 *m* mächtige Wasserschicht dringt viel Sonnenlicht ein, und man findet thatsächlich in der obersten Wasserschicht stellenweise ein reiches Leben von Pflanzen, die theils auf dem Grunde festsitzen, theils im Wasser frei beweglich sind.

Das an manchen Stellen der obersten Meeresschicht zu reichlicher Entfaltung kommende Pflanzenleben kann also vermehrend wirken auf denjenigen Sauerstoffgehalt, welcher dem Meerwasser der betreffenden Stellen durch die an der Meeresoberfläche stattfindende Absorption von Sauerstoff aus der Atmosphäre zu Theil geworden ist.

An der Meeresoberfläche geht beständig ein Austausch von Sauerstoff zwischen dem Meerwasser und der Atmosphäre vor sich. Wenn Wasser aus der Tiefe auftaucht, dessen Sauerstoffgehalt in der Tiefe wegen Verbrauch durch lebende Thiere und bei anderweitigen Oxydationsvorgängen verringert worden ist, dann wird Sauerstoff aus der Atmosphäre absorbirt. Wenn durch pflanzliche Organismen an der Meeresoberfläche selbst Sauerstoff producirt wird, oder wenn Wasser von solchen Stellen der obersten Meeresschicht auftaucht, an welchen Sauerstoffproduction durch das Pflanzenleben veranlasst wird, dann vollzieht sich eine Abgabe von Sauerstoff an die Atmosphäre. Beide Processe, sowohl die Absorption des Sauerstoffes als auch die Abgabe desselben, gehen sehr langsam vor sich. Es ist also wahrscheinlich, dass den eben an der Meeresoberfläche befindlichen Wassermassen vor ihrem Verdrängtwerden durch andere Wassermassen, vor ihrem neuerlichen Untertauchen nie Zeit gegönnt wird, um genau diejenigen Sauerstoffmengen in Lösung zu behalten oder aus der Atmosphäre aufzunehmen, welche sich aus dem Absorptionscoëfficienten für 760 *mm* Druck und für die Temperatur des Wassers der Meeresoberfläche

berechnen lassen. Der Umstand, dass diese Temperatur immer und überall wegen des wechselnden Einflusses des Wärmeaustausches mit der Luft und wegen des Wechsels der Insolation und der Wärmeausstrahlung schwankt, bedingt überdies ebenfalls ein stetes Wandern von Sauerstofftheilchen aus dem Meer in die Atmosphäre oder aus der Atmosphäre in das Meer.

Diese vielen, für den Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers massgebenden Umstände lassen die Prüfung dieses Wassers auf den Sauerstoffgehalt als wenig geeignet erscheinen, darüber Aufschluss zu geben, ob an der Wasseroberfläche die Absorption von Sauerstoff aus der Luft oder die Abgabe von Sauerstoff an die Luft überwiegt. Deshalb wurde im Marmara-Meer nur an drei Stellen, nämlich auf den Stationen 1, 3 und 6 das Oberflächenwasser auf den Sauerstoffgehalt geprüft. In allen drei Fällen war der Sauerstoffgehalt grösser als der berechnete. Dasselbe hätte sich zu dieser Jahreszeit wahrscheinlich auf allen Stationen ergeben. Es dürfte zum Theil von der Sauerstoffproduction pflanzlicher Organismen, zum Theil daher gekommen sein, dass die Erwärmung des kalten, sauerstoffreichen Winterwassers rascher erfolgt war, als die dadurch veranlasste Abgabe des vorher absorbirten Sauerstoffes an die Luft.

An 20 Stellen wurde in 50 oder annähernd 50 *m* Tiefe der Sauerstoffgehalt des Meerwassers festgestellt.

In fünf Fällen war der Sauerstoffgehalt grösser als der berechnete, nämlich unter den Stationen 26, 27 *b*, 35, 43 und 44. In drei von diesen fünf Fällen handelte es sich um knapp über dem Meeresgrund befindliches Wasser. Der höhere Sauerstoffgehalt konnte also daselbst daher kommen, dass auf dem Meeresgrund oder auf den halmartigen Thierstöcken besonders viele pflanzliche Organismen vorhanden waren. Da jedoch das Wasser überall in Bewegung ist, da also immerfort neues Wasser zugeführt, und das eventuell mit einer grösseren Menge von Sauerstoff beladene Wasser weggeführt wird, kann eine nennenswerthe Zunahme des Sauerstoffgehaltes nicht erwartet werden, wenn nur ein kleines Gebiet des Meeresgrundes erhöhtes Pflanzenleben aufweist. Ein Haupterforderniss für eine bedeutende Vermehrung des Sauerstoffgehaltes im Wasser

durch pflanzliche Organismen ist es jedenfalls, dass sich auf einer langen Strecke dasselbe Wasser nahe der Oberfläche, d. h. in der obersten Meeresschicht, welche viel Sonnenlicht empfängt, möglichst horizontal weiterbewegt. Dann kann es bei beliebiger Meerestiefe durch die in der obersten Meeresschicht frei schwimmenden pflanzlichen Organismen (Algen), bei geringer, den Eintritt des Sonnenlichtes bis an den Grund gestattender Meerestiefe auch durch die auf diesem Grunde oder seinen Thiergewächsen festsitzenden pflanzlichen Organismen zu einer derart reichlichen Sauerstoffproduction kommen, dass nicht nur der Sauerstoffbedarf der in derselben Meeresschicht lebenden Thiere, sowie der Sauerstoffbedarf von verwesenden Pflanzen- und Thierkörpern gedeckt wird, sondern sich auch ein Sauerstoffüberschuss ergibt.

In geringerem oder höherem Grade herrschen in der ganzen südlichen Hälfte des Marmara-Meeres Verhältnisse, welche einer starken Sauerstoffproduction durch Meerespflanzen förderlich sind. Vor Allem ist fast die ganze südliche Hälfte weniger als 100 *m* tief, beiläufig ein Viertel von ihr ist weniger als 50 *m* tief. Diese geringe Tiefe ermöglicht mehr oder weniger in der ganzen südlichen Meereshälfte das Eindringen des Sonnenlichtes bis an den Grund und somit auf dem Grund fast der ganzen südlichen Meereshälfte das Bestehen eines Pflanzenwuchses. Thatsächlich wurden bei den Schleppnetzoperationen Stücke von fest sitzenden Algen heraufgefördert. Noch wichtiger ist, dass in dieser südlichen Hälfte des Marmara-Meeres, eben weil in ihr das Sonnenlicht in mehr oder weniger starkem Masse fast überall bis an den Meeresgrund dringt, fast in der ganzen Wassermasse freischwebende pflanzliche Organismen gedeihen können. Dem Inhalt des emporgezogenen Schleppnetzes (sandigem oder lehmartigem Schlamm) waren oft Reste von freischwimmenden Algen, besonders Diatomeen beigemischt, welche offenbar nach ihrem Absterben zu Boden gesunken waren. Der Musselinsack des Schwebenetzes war immer nach dem Durchziehen durch das Meer von einer gallertartigen Masse bedeckt, welche wahrscheinlich hauptsächlich aus Gallerthüllen von kleinen Algen bestand. Gallertartige Flöckchen waren auch, in wechselnden Mengen, in allen geschöpften

Wasserproben enthalten. Sie schienen Aggregate von Algen, zum Theil schon abgestorben und in aufgeweichtem Zustande, zu sein.

In diese seichte südliche Hälfte des Marmara-Meeres kann — besonders im westlichen Theil — Wasser aus den grossen Tiefen der nördlichen Hälfte emporgeschoben werden, welches Wasser keine lebenden pflanzlichen Organismen, dafür aber recht wohl Reste von abgestorbenen, früher in die Tiefe gesunkenen oder durch Strömungen getragenen Pflanzenkörpern, beziehungsweise Thierkörpern enthalten kann. Sehr bald wird jedoch in solchem emporgeschobenen Tiefenwasser auf seinem weiteren Vorrücken in der seichten, mehr oder weniger vollen Zutritt von Sonnenlicht gestattenden südlichen Meereshälfte pflanzliches Leben zur Entfaltung kommen, zumal da ihm durch die überall stattfindende Durchmischung Pflanzenkeime aus dem früher dagewesenen oder aus dem horizontal nachrückenden Wasser der obersten Meeresschichten sofort zugeführt werden. Ob sich nun fernerhin dieses emporgeschobene Tiefenwasser oder das vorher dagewesene oder das horizontal nachdrängende Wasser in der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres — vorwiegend in der Richtung von Westen nach Osten — weiterbewegt, ob beim Aufstossen an die westlichen unterseeischen Abhänge der Marmara-Inseln, der Artaki-Halbinsel und der Insel Kalolimno ein Emporgeschobenwerden von Wasser aus tieferen Schichten in höhere Schichten oder an die Oberfläche stattfindet, ob durch Hinabgesaugtwerden in die mittleren tiefsten Stellen des Marmara-Meeres ein Untertauchen von Oberflächenwasser erfolgt, ist in Bezug auf das Gedeihen des Pflanzenlebens und mithin auch in Bezug auf die Sauerstoffproduction gleichgiltig. Immer wird sich wegen der geringen Tiefe der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres das Wasser so nahe der Meeresoberfläche bewegen, dass mehr oder weniger eine Belichtung und mithin eine Assimilation anorganischer Stoffe, also eine Sauerstoffproduction durch pflanzliche Organismen stattfinden kann.

Es ist also zu erwarten, dass in der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres so viel Sauerstoff durch die assimilirende Thätigkeit pflanzlicher Organismen producirt wird, dass eine

Abgabe von Sauerstoff an die Atmosphäre möglich ist. Ein grösserer Gehalt an Sauerstoff, als ihn die Annahme einer blossen Absorption von Luftsauerstoff von Seiten der Meeresoberfläche erklären kann, hat sich auf der III. »Pola«-Expedition in dem Winkel des Mittelmeeres zwischen dem Nildelta und der Küste von Palästina, auf den »Vöringen«-Expeditionen an einigen Stellen des nördlichen Atlantischen Oceans und auf der »Challenger«-Expedition unter den verschiedensten Breitengraden im Atlantischen, Indischen und Stillen Ocean in der obersten Wasserschicht herausgestellt. Daraus folgt, dass der Atmosphäre von Seiten der Wasserbedeckung des Erdkörpers Sauerstoff zugeführt wird. Aus der Thatsache, dass nach den Resultaten der »Challenger«- und »Pola«-Expeditionen sowohl im Ocean, als im Mittelmeer der Sauerstoffgehalt des Wassers in den tieferen und tiefsten Stellen in der Regel kaum geringer ist als der Sauerstoffgehalt des Wassers in den oberen Schichten, muss man schliessen, dass der Verbrauch von Sauerstoff im Meer im Allgemeinen nur gering ist. Dabei ist in Rechnung zu ziehen, dass im Wasser der Meerestiefen der Verbrauch von Sauerstoff leicht an dem verringerten Sauerstoffgehalt zu erkennen ist, dass dagegen im Wasser der obersten Meeresschicht, in dem allein die Sauerstoffproduction durch Vermittlung pflanzlicher Organismen stattfinden kann, nur derjenige producirte Sauerstoff enthalten ist, welcher noch nicht Gelegenheit gefunden hat, aus der Meeresoberfläche in die Atmosphäre überzugehen. Daraus folgt, dass nur in Ausnahmefällen in der obersten, 50—100 *m* dicken Wasserschicht des Oceans und der kleinen Meere ein Überschuss von Sauerstoff bemerkbar sein kann. In den allermeisten Fällen ist zu erwarten, dass die gerade in der obersten Meeresschicht am geschäftigsten vor sich gehenden localen Strömungen, nämlich das durch Erkaltung (oder Verdunstung) bewirkte Untersinken von Oberflächenwasser und das Dem nachfolgende Emporgedrängtwerden von unmittelbar darunter befindlichem Wasser, rasch und oft genug das so nahe unter der Meeresoberfläche befindliche, mit Sauerstoff übersättigte Wasser bis an die Meeresoberfläche bringen werden, dass die Abgabe des Sauerstoffüberschusses an die Atmosphäre erfolgen kann. Wenn gleich-

wohl an ziemlich vielen Stellen der Wasserbedeckung der Erde ein Überschuss von gelöstem Sauerstoff in der obersten Schicht nachgewiesen werden konnte, so weist dies darauf hin, dass vielleicht in den meisten Fällen die Meeresoberfläche freien Sauerstoff an die Atmosphäre abgibt. Eine Stütze findet diese Ansicht darin, dass sich ziemlich grosse Mengen organischer Substanzen auf dem Grunde des Oceans und des Mittelmeeres ablagern, welche organische Substanzen bei ihrer ursprünglich in pflanzlichen Organismen vor sich gegangenen Bildung Anlass geben mussten zu einer Production von freiem Sauerstoff, dessen Menge annähernd äquivalent sein musste den Kohlenstoff- und Wasserstoffmengen, welche in diesen abgelagerten organischen Substanzen nicht an Sauerstoff gebunden oder zu binden sind. Also wird im Allgemeinen vom Meer Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben. Da fast drei Viertel des Erdkörpers von Meer bedeckt sind, ist eine fortwährende Zunahme des Sauerstoffes in der Atmosphäre zu gewärtigen. —

Um zu den kleinen Verhältnissen des Marmara-Meeres zurückzukehren, sei hervorgehoben, dass die fünf oben angeführten Stellen auffallend hohen Sauerstoffgehaltes in 50 *m* Tiefe thatsächlich der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres angehörten, in welcher wegen der geringen Tiefe, beziehungsweise wegen der Bewegungsart des Wassers daselbst, eine besonders starke Production von Sauerstoff durch pflanzliche Organismen in Aussicht stand.

Wenn in der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres, besonders in den seichteren Gebieten derselben und in der obersten Wasserschicht der tieferen Gebiete, durch pflanzliche Organismen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes ein Überschuss von Sauerstoff producirt wird, kann gewiss nur ein Theil dieses Überschusses an die Atmosphäre abgegeben werden. Das geringe specifische Gewicht des Wassers in der allerobersten Meeresschicht macht es dem unmittelbar darunter befindlichen, salzreicheren Wasser schwer, bis zur Meeresoberfläche aufzusteigen. Es werden nur Theile dieses salzreicheren Wassers dem Wasser der allerobersten Meeresschicht sich beimischen, um da, falls das Verweilen an der Meeresoberfläche lange genug währt, ihren Sauerstoffüberschuss an die Atmosphäre abzu-

geben. In den meisten Fällen dürfte selbst eine solche theilweise Vermischung des salzreicheren, in 50 *m* Tiefe befindlichen, einen Sauerstoffüberschuss enthaltenden Wassers mit dem Wasser der allerobersten Meeresschicht und eine derartige Abgabe des Sauerstoffüberschusses unterbleiben. Das in circa 50 *m* Tiefe mit Sauerstoff übersättigte Wasser der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres wird nämlich, da es immer specifisch schwerer ist als das unmittelbar an der Meeresoberfläche befindliche, in der Regel seinen Sauerstoffüberschuss nicht an die Atmosphäre abgeben, sondern denselben behalten, bis es durch die kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meer in die nördliche, ungemein tiefe Hälfte dieses Meeres geführt und daselbst zum Untertauchen gebracht wird. In den dortigen grossen Tiefen wird der im südlichen Theile des Marmara-Meeres durch pflanzliche Organismen producirte Sauerstoff den Tiefseethieren zugute kommen. Dies schliesst natürlich nicht aus, dass stellenweise auch eine, den Tiefseethieren zugute kommende Absorption von Sauerstoff aus der Atmosphäre stattfindet. Es wird dies besonders an solchen, eventuell auch im südlichen Theile des Marmara-Meeres gelegenen Stellen der Wasseroberfläche der Fall sein, an welchen durch Aufstossen an unterseeische Abhänge ein besonders kräftiges Emporgeschobenwerden von sauerstoffarmem Tiefenwasser stattfindet. Mischt sich solches Tiefenwasser in erheblicher Menge dem Oberflächenwasser bei, dann wird zuerst der Sauerstoffgehalt der allerobersten Wasserschicht sinken, später aber wird an der Meeresoberfläche eine Aufnahme von Luftsauerstoff vor sich gehen. Früher oder später kann auch dieses Wasser, welches Luftsauerstoff aufgenommen hat, in die Meerestiefen zurückkehren.

Um zunächst bei dem 50 *m* unter der Meeresoberfläche gelegenen Horizont zu bleiben, sei erwähnt, dass sich an drei Stellen, nämlich unter den Stationen 28 *b*, 29 und 36 kein Überschuss von gelöstem Sauerstoff ergab, dass aber daselbst doch nur etwas weniger Sauerstoff gefunden wurde, als die betreffenden Wassermassen bei der ihnen eigenen Temperatur in Berührung mit der Atmosphäre zurückzuhalten vermöchten. Die Stelle unter Station 36, in der Strasse zwischen der grossen

Marmara-Insel und den kleinen Marmara-Inseln, ist derart gelegen, dass zu ihr vom Nordwesten des Meeres her leicht sauerstoffarmes Tiefenwasser emporgeschoben werden kann; in Folge dessen dürfte der Sauerstoffgehalt an dieser Stelle hinter dem sonst in der südlichen Hälfte des Marmara-Meeres in 50 *m* Tiefe beobachteten zurückstehen. Unter der in der Bucht von Panderma gelegenen Station 28 wurde sowohl am Abend, als am darauffolgenden Morgen knapp über dem 50 *m* tiefen Meeresgrund weniger Sauerstoff gefunden, als das Wasser bei seiner ihm jenerzeit, als es das letzte Mal an der Meeresoberfläche war, eigenen Temperatur hätte aufnehmen oder zurückhalten können. Wenn das Wasser dieser Bucht vollkommen stille stehen würde, könnte man erwarten, dass in ihm durch das Pflanzenleben unter Tags überschüssiger Sauerstoff producirt, in der Nacht jedoch der Sauerstoffgehalt durch die Pflanzen und Thiere, sowie durch Verwesungsprocesse verringert wird. Weder das Eine noch das Andere wurde beobachtet. Das Wasser über dem Grunde enthielt Abends keinen Überschuss von Sauerstoff. Es war am Morgen reicher an Sauerstoff als am Abend. Ausgeschlossen ist die Annahme, dass diese beiden Erscheinungen vielleicht durch ein in dieser Bucht unter dem Einfluss der Nachtkälte stattfindendes Untersinken von Oberflächenwasser bis an den Grund veranlasst worden seien. So wie zumeist im Marmara-Meer war auch in dieser Bucht das Wasser in 50 *m* Tiefe (hier knapp über dem Grunde) specifisch viel schwerer als das Wasser an der Oberfläche und in 5 und 10 *m* Tiefe gefunden worden, so dass die Erkaltung des Oberflächenwassers, welche übrigens in jener Nacht gar nicht stattgefunden hat, nicht im Stande gewesen wäre, das specifische Gewicht des Oberflächenwassers genügend zu erhöhen. Es ist wahrscheinlich, dass das Wasser in der Bucht von Panderma, wenn auch in sehr viel geringerem Masse als sonst das Wasser im Marmara-Meer, in Bewegung begriffen ist, indem immerfort neues Wasser in diese Bucht hineindrängt. Es würden also auch hier, so wie sonst überall, in Bezug auf den Sauerstoffgehalt und auf die übrigen Eigenschaften des zu einer bestimmten Zeit in der Bucht vorhandenen Wassers nicht bloss die in der Bucht vor sich gehenden

Erscheinungen massgebend sein, sondern auch Das, was von dem immerfort oder vielleicht in Zwischenpausen neu zuströmenden und sich beimischenden Wasser mitgebracht wird. In Bezug auf den Sauerstoffgehalt wird es davon abhängen, ob das neu zufließende Wasser aus einem Meerestheil mit überschüssiger Sauerstoffproduction oder aus einem solchen mit überwiegendem Sauerstoffverbrauch kommt. Nach dem Gesagten muss man annehmen, dass unter Tags zu viel sauerstoffarmes Wasser aus dem offenen Meere zuffloss, als dass die in der Bucht durch pflanzliche Organismen im Sonnenlicht stattfindende Sauerstoffproduction es zur Ansammlung eines Sauerstoffüberschusses bringen konnte. Bei Nacht strömte dann, zufällig, sauerstoffreicheres Wasser ein. Es ist nun auffallend, dass nicht nur unter Station 28, sondern auch unter der am Rande des offenen Meeres\* gelegenen Station 27 knapp über dem Meeresgrund (49 *m*) des Morgens ein sauerstoffreicheres Wasser gefunden wurde als am Abend. Es scheint dies darauf hinzudeuten, dass unter Tags (Nachmittags) zu den Stationen 27 und 28 relativ viel Wasser zuströmt aus den, ein grosses spezifisches Gewicht ihres Wassers aufweisenden sauerstoffarmen Meerestiefen, die zumeist in der nördlichen Hälfte des Marmara-Meeres gelegen sind. In der That waren auf beiden Stationen die am Abend geschöpften Wasserproben nicht nur sauerstoffärmer, sondern auch spezifisch schwerer als die am Morgen geschöpften. Während der Nacht (und am Morgen) strömte hingegen relativ viel Wasser aus der einen Sauerstoffüberschuss besitzenden, spezifisch leichteren und wärmeren obersten Wasserschicht zu. Für die Richtung, aus welcher sich zu dem Meeresgrund unter den Stationen 27 und 28 Wasser hinbewegt, kann bis zu einem gewissen Grade das von dem Nordabfall der Artaki-Halbinsel (im Westen der Station 27) in das offene Meer hineinragende unterseeische Vorgebirge von Bedeutung sein. Die bisher besprochenen Thatsachen weisen darauf hin, dass sich im südlichen Theil des Marmara-Meeres das Wasser vorwiegend von Westen nach Osten bewegt, dass jedoch, sowie im ganzen Marmara-Meer, auch hier das aus der horizontalen kreisenden Bewegung des gesammten Wassers folgende, viel, schwächere Bestreben des Tiefenwassers zu bemerken ist,

radial dem Meeresrande zuzufließen. Das unterseeische Vor- gebirge der Artaki-Halbinsel, welches sich den aus Westen an- rückenden Wassermassen in den Weg stellt, schwächt bis zu einem gewissen Grade die Kraft, durch welche unter Station 27 die Weiterbeförderung des Wassers gegen Osten erfolgt, während es ein radiales Vorschreiten von Wasser aus den im Norden gelegenen tieferen Theilen des Meeres gegen Station 27 be- günstigt. Es können also die zu Station 27 und deshalb auch die zu Station 28 führenden Strömungen einen Ausnahmefall darstellen. Während sonst bei den Bewegungserscheinungen, welche wegen des ständigen Bewegungszustandes des ge- samten Wassers im Marmara-Meer vor sich gehen, im Wasser aller Tiefen das Bestreben vorherrscht, entlang der Küste, ent- gegen dem Sinne des Zeigers einer Uhr, zu fließen, kann in, durch die Gestaltung des Meeresbodens bedingten Ausnahms- fällen dieses Bestreben annähernd gleich sein dem Bestreben des Tiefenwassers, aus den mittleren Theilen des Marmara- Meeres der Küste zuzufließen. In einem solchen Falle bedarf es nur eines geringen Anstosses, um dieses oder jenes Bestreben ausschlaggebend zu machen. Ein derartiger geringer und wechselnder Anstoss kann vielleicht, im Zusammenhang mit den Gezeiten, von dem wechselnden Stande der Sonne und des Mondes ausgehen.

Es mischt sich also dem in vorwiegend horizontaler Bewegung befindlichen Wasser der obersten Meeresschicht, welche dem Sonnenlicht ausgesetzt und im Allgemeinen sauer- stoffreich ist, an manchen Stellen beständig, an anderen Stellen in Zwischenpausen sauerstoffarmes Wasser bei, das aus den Meerestiefen emporgeschoben wurde.

Dieser Umstand erklärt es, dass die an 20 verschiedenen Stellen aus 50 *m* Tiefe emporgeholtene Wasserproben so un- gemein von einander verschiedene Gehalte an gelöstem Sauer- stoff aufwiesen.

Nochmals ist hervorzuheben, dass in der südlichen, seichten Hälfte des Marmara-Meeres alle untersuchten, aus 50 *m* Tiefe stammenden Wasserproben entweder einen Überschuss von Sauerstoff enthielten oder nur wenig sauerstoffärmer waren, als sonst das Oberflächenwasser anderer warmer Meere ist.

In der nördlichen, tiefen Hälfte des Marmara-Meeres, deren oberste Wasserschicht, wie früher auseinandergesetzt wurde, bei weitem weniger geeignet ist, ein reichliches Pflanzenleben zur Entwicklung zu bringen, wurde nur auf Station 29 in 50 *m* Tiefe viel Sauerstoff gefunden, nämlich fast so viel, als das betreffende Wasser bei der ihm eigenen Temperatur an der Meeresoberfläche zurückhalten oder aus der Luft aufnehmen hätte können. Diese Station 29 befindet sich in einem mittleren Theile der nördlichen Meereshälfte und liegt gerade über einem Gebiete der grössten Tiefen. Durch die horizontale, kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meere wird anscheinend ein wirbelartiges Eingesaugtwerden von Oberflächenwasser in die mittleren Theile des Meeres, und zwar besonders in die mittleren Theile der grössten Tiefen bewirkt. Hier kann sauerstoffreiches Wasser selbst in grosse Tiefen gelangen. Das Eingesaugtwerden von Oberflächenwasser in den mittleren Meerestheilen muss einen steten Zufluss von Oberflächenwasser von den Meeresrändern her nach sich ziehen. Bald da, bald dort wird einerseits ein Untertauchen von Oberflächenwasser stattfinden. Wegen derselben wirbelartigen Bewegung des gesammten Wassers und noch mehr wegen des gelegentlichen Aufstossens von vorwärtsgeschobenem Tiefenwasser an unterseeische Abhänge muss andererseits an den Küsten des Meeres, beziehungsweise an den unterseeischen Rändern der tiefsten Gebiete des Meeres ein Aufsteigen von sauerstoffarmem Tiefenwasser bis in die Nähe der Meeresoberfläche oder (durch Vermischung mit dem oben aufschwimmenden leichten Wasser) bis an die Meeresoberfläche selbst erfolgen.

Dort, wo sich die Gebiete der grössten Tiefen bis an die Küste erstrecken oder wo der immer mehr oder weniger steile unterseeische Abhang dieser grössten Tiefen oben an seichte Meerestheile grenzt, wurde in der That in 50 *m* Tiefe immer ein geringer Gehalt an gelöstem Sauerstoffe beobachtet. Es geschah dies auf den folgenden Stationen, deren Reihenfolge gleichzeitig angibt, in welchem Grade der Sauerstoffgehalt gegen den sonst im Wasser der obersten Meeresschicht vorhandenen verringert, d.h. in welchem Masse Tiefenwasser dem betreffenden Wasser beigemischt war.

Von den am Rande der nördlichen Hälfte des Marmara-Meeres in 50 *m* Tiefe geschöpften Wasserproben enthielt die von der Station 33 am meisten Sauerstoff, und zwar ebensoviel als zwei Wasserproben, welche auf der III. »Pola«-Expedition in über 1000 *m* Tiefe an dem unterseeischen Abhänge der syrischen Küste (vor Akka und vor Beyrut) geschöpft worden waren. Diese beiden Wasserproben waren diejenigen gewesen, welche von allen im östlichen Mittelmeere untersuchten den geringsten Sauerstoffgehalt besaßen. Noch weniger Sauerstoff enthielten die 50 *m*-Wässer der »Taurus«-Stationen 32, 6, 22, 37, 38, 2, 30 und 5. In keinem dieser Wässer sank der Sauerstoffgehalt unter die Hälfte derjenigen Sauerstoffmenge, welche dem Oberflächenwasser im östlichen Mittelmeere während der Sommermonate eigen ist.

Um auch für grössere Meerestiefen vergleichbare Werthe zu haben, wurden an acht Stellen des Marmara-Meeres Wasserproben, die aus 500 *m* Tiefe emporgeholt worden waren, auf ihren Sauerstoffgehalt geprüft.

Unter Station 32 war in 500 *m* Tiefe ein Überschuss von Sauerstoff gelöst. Offenbar war die dort angetroffene Wassermasse erst vor Kurzem auf dem Wege einer absteigenden Meeresströmung von irgend einer, horizontal vielleicht sehr weit entfernten Stelle der obersten Meeresschicht in die Tiefe gelangt.

Länger hatte, nach dem etwas geringeren Sauerstoffgehalte zu schliessen, in der Tiefe verweilt das 500 *m*-Wasser der Station 29. Noch geringer, nämlich gleich dem im östlichen Mittelmeere beobachteten Minimum, war der Sauerstoffgehalt 500 *m* unter Station 33. Unter Station 37 war das knapp über dem Meeresgrunde (500 *m*) vorhandene Wasser noch ärmer an Sauerstoff, indem sich der Gehalt daran schon der Hälfte des im Oberflächenwasser des östlichen Mittelmeeres beobachteten näherte. Unter diese Hälfte war die Menge des gelösten Sauerstoffes in den 500 *m*-Wässern der Stationen 38, 2 und 3 gesunken.

Das im Marmara-Meere beobachtete Minimum des Sauerstoffgehaltes war etwas grösser als ein Drittel derjenigen Sauerstoffmenge, welche im Oberflächenwasser des östlichen

Mittelmeeres (als eines warmen Meeres) während der Sommermonate vorhanden ist.

Dieses Minimum wurde beobachtet in den aus 500 *m* Tiefe stammenden Wasserproben der Stationen 2 und 3, und in den Wasserproben, welche auf Station 22 in 200 *m* Tiefe und knapp über dem Grunde (249 *m*) geschöpft worden waren.

Schon aus dem bisher Gesagten folgt, dass eine der Tiefe proportionale Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Marmara-Meere nicht besteht. Nach den Beobachtungen über den Salzgehalt und über die Temperatur der verschiedenen Wasserschichten musste eine derartige regelmässige Abnahme des Sauerstoffgehaltes mit der Tiefe von vornherein als ausgeschlossen betrachtet werden. Wiesen ja doch diese Beobachtungen darauf hin, dass im Marmara-Meere ungemein verwickelte Bewegungserscheinungen stattfinden, in deren Gefolge ein stetes Ineinanderdrängen verschiedenartiger Wassermassen, ein stetes Aufsteigen von Tiefenwasser und Absteigen von Oberflächenwasser sich vollzieht.

Wie unregelmässig scheinbar der Sauerstoff in den Tiefen des Marmara-Meeres vertheilt ist, erhellt aus Folgendem:

Während ein sich gleich bleibendes Minimum an Stellen der Wasserschichten von 200, 249 und 500 *m* Tiefe beobachtet wurde, haben sich nicht bloss in gleichen Tiefen, sondern auch in noch grösseren Tiefen höhere Gehalte an Sauerstoff herausgestellt. Unter der Station 32 war in 1000 *m* Tiefe ein Überschuss von Sauerstoff vorhanden, d. h. es war der aus der obersten Meeresschicht mitgebrachte, zum Theile von der Sauerstoffproduction pflanzlicher Organismen herrührende Sauerstoffgehalt der betreffenden Wassermasse während ihres Untertauchens erhalten geblieben. Ebenso reich an Sauerstoff als das warme Oberflächenwasser des östlichen Mittelmeeres war das 1000 *m*-Wasser der Station 29. Immerhin mehr Sauerstoff, als der Hälfte des im Oberflächenwasser des östlichen Mittelmeeres enthaltenen Sauerstoffes entspricht, wies das auf Station 2 aus 1000 *m* Tiefe emporgeholte Wasser auf.

Ein weiterer Beweis dafür, dass der Sauerstoff bis in die grössten Tiefen des Marmara-Meeres hinabreicht, ergibt sich aus der Thatsache, dass nirgends auf dem Meeresgrunde

Schwefeleisen gefunden wurde. Bei Abwesenheit von freiem Sauerstoffe geben die schwefelsauren Salze des Meerwassers ihren gebundenen Sauerstoff an verwesende organische Substanzen ab, wobei zunächst Schwefelwasserstoff und lösliche Schwefelmetalle entstehen, die dann aus den im Grundschlamm enthaltenen Eisenverbindungen schwarzes Schwefeleisen abscheiden. Dies geschieht also nicht im Marmara-Meere, weder auf dem Meeresgrunde, noch bis 0.5 *m* unter der Berührungsfläche zwischen Meeresgrund und freibeweglichem Meerwasser. Die oben beschriebene Lothvorrichtung brachte nie schwarzen Grundschlamm herauf. Auch entwickelte keine Grundprobe beim Zusammenbringen mit Schwefelsäure den Geruch des Schwefelwasserstoffes.

Der Sauerstoff wird bis in die grössten Tiefen des Marmara-Meeres durch Wassermassen gebracht, welche aus der obersten Meeresschicht untertauchen. Die kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meere, welche dieses Untertauchen in Form von Wasserstriemen und -Streifen veranlasst, muss früher oder später eine Auflösung dieser Striemen und Streifen bewirken. So wird nach und nach allen Wassergebieten der Tiefen frisches Wasser aus der obersten Meeresschicht zugeführt.

Trotzdem ist der Sauerstoffgehalt des grössten Theiles der Wassermasse des Marmara-Meeres viel geringer als der Sauerstoffgehalt des Ocean- und des Mittelmeerwassers.

Dieser relativ geringe Sauerstoffgehalt des Wassers im Marmara-Meere unter ca. 50 *m* Tiefe ist einer Entwicklung des Thierlebens bis in die grössten Tiefen durchaus nicht hinderlich.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Wie Frl. Lovén durch Versuche mit kleinen Fischen in einem verschlossenen Aquarium gezeigt hat, kann kurze Zeit thierisches Leben selbst dann noch bestehen, wenn das Wasser nur mehr weniger als 1 *cm*<sup>3</sup>, ja sogar nur 0.2 *cm*<sup>3</sup> Sauerstoff im Liter enthält. Veranlasst wurden diese Versuche durch den Umstand, dass ein Sauerstoffgehalt von nur 1.8 *cm*<sup>3</sup> per Liter im Tiefenwasser (140 *m*) des Gullmar-Fjord, ein solcher von nur 1.3 und 1.2 *cm*<sup>3</sup> per Liter in der Ostsee (in der Nähe der Insel Gottland) in 400 und 200 *m* Tiefe nachgewiesen worden ist. Auch in diesen Fällen ist wegen aufschwimmenden leichteren Wassers bis zu einem gewissen Grade ein Abschluss der

Vielmehr gaben alle Fischoperationen mit dem Grund- und Schwebenetze auch in den grössten Tiefen, zumal in den mittleren Theilen der nördlichen Hälfte des Marmara-Meeres, positive Resultate. Tiefseefische mit grossen Augen und mit Leuchtorganen an und über der Bauchkante, rothe Krebschen, Würmer etc. kamen herauf. Und zwar war die Ausbeute der einzelnen Fischoperationen besser als im östlichen Mittelmeere.

Das Thierleben bedarf im Allgemeinen einer Bewegung des Mediums, sei es Wasser oder Luft, in dem es sich entwickeln soll. Es müssen die Nahrungsmittel zugeführt, die Stoffwechselproducte weggeführt werden. Wenn das Wasser stille steht oder sich sehr langsam bewegt, kann es um das Thierleben auch bei Gegenwart von viel Sauerstoff schlechter bestellt sein, als wenn ein sauerstoffarmes Wasser fortwährend erneuert wird.

Im Marmara-Meere können die Tiefseethiere trotz des geringen Sauerstoffgehaltes seines Tiefenwassers deshalb gut gedeihen, weil ihnen durch die rasche Wasserbewegung der Sauerstoff, sowie alle anderen zum Leben nothwendigen Stoffe in genügender Menge zugeführt werden.

### Organische Substanzen.

Der geringe Sauerstoffgehalt der Tiefen des Marmara-Meeres kann entweder daher kommen, dass durch absteigende Meeresströmungen zu wenig Sauerstoff hinuntergeführt wird, oder daher, dass zu viel organische Substanzen, stammend von dem Pflanzen- und Thierleben der obersten Meeresschicht, hinabgelangen.

---

Tiefenwässer von der Atmosphäre vorhanden. Über die unterseeische, 40 *m* tiefe Barre an der Grenze zwischen Gullmar-Fjord und Skagerak gelangt zeitweise Wasser nahezu vom hohen Salzgehalte des atlantischen Wassers an den Grund des Fjords. In die Ostsee, von welcher nur kleine Gebiete tiefer als 100 *m* sind und in welcher nur stellenweise Tiefen über 200 *m* vorkommen, fliesst als Unterströmung in einer mit der Zeit wechselnden Menge durch den tiefen Skagerak und den seichten Kattegat atlantisches Wasser ein, das sich in der Ostsee in ähnlicher Art wie im Schwarzen Meere allmähig mit dem der Oberfläche zufließenden Süsswasser vermischt. — O. Pettersson's Bericht über die schwedischen hydrographischen Untersuchungen in der Ost- und Nordsee. Scottish Geographical Magazin, vol. X; Edinburgh, 1894.

Auf die Reichhaltigkeit des Thier- und Pflanzenlebens in der obersten Wasserschicht des Marmara-Meeres und besonders auf die in der südlichen, seichten Hälfte dieses Meeres wurde schon hingewiesen.

Wenn selbst in den grössten Tiefen des Marmara-Meeres lebende Thiere aufgefunden worden sind, so beweist dies, dass organische Substanzen aus der obersten Wasserschicht hinabgelangen. Denn die Tiefseethiere sind in Bezug auf ihre Nahrung auf diejenigen organischen Substanzen angewiesen, welche in der obersten Wasserschicht unter dem Einflusse des Sonnenlichtes in pflanzlichen Organismen gebildet werden.

Was in der obersten Wasserschicht von pflanzlichen Organismen bei ihrem Wachstume aus anorganischen Stoffen geschaffen worden ist, kann schon in der obersten Wasserschicht auf dem Wege der Nahrung in Thierkörper, eventuell zuerst in kleine, dann in grosse Thierkörper übergehen und daselbst verändert, zum Theile gelöst, zum Theile vollkommen oxydirt werden. Nach dem Absterben zerfallen Pflanzen- und Thierkörper, wobei wieder eine theilweise Lösung und eine theilweise vollkommene Oxydation der organischen Substanzen erfolgt. Es können also in mannigfacher Art organische Substanzen den Tiefseethieren zur Nahrung dargeboten werden. Gelöste organische Substanzen können nur auf dem Wege absteigender Meeresströmungen hinuntergerathen. Lebende und todte Thier- und Pflanzenkörper können durch ebensolche Meeresströmungen, durch Eigenbewegung und durch einfaches Hinabsinken in die Tiefe kommen.

Bei der Übertragung von organischen Substanzen aus der obersten Wasserschicht in die Meerestiefen spielen grössere Thierkörper gewiss nur eine untergeordnete Rolle. Nur an ganz wenigen Stellen häufen sich die ursprünglich zumeist von kleinen Algen producirt organischen Substanzen in einzelnen grösseren Thierkörpern an. Der hohe Grad der Eigenbewegung bei den grösseren Thieren befähigt fernerhin diese Thiere, diejenigen Meerestheile aufzusuchen, welche die für sie günstigsten Lebensbedingungen darbieten. Sogar bei Vorhandensein starker Meeresströmungen sind die grösseren Thiere durch ihre Eigenbewegung, durch ihr Sichfesthalten am Meeres-

grunde oder dadurch, dass sie sich in den Meeresgrund ein-graben, mehr oder weniger im Stande, gegen die Meeresströmung ankämpfend in dem für sie vortheilhaftesten Meeres-theile zu bleiben. Es kommt also, wie ja auch die Erfahrung der Fischer lehrt, nur an besonders bevorzugten Stellen des Meeres zu einer Ansammlung bedeutender Mengen lebender grösserer Thiere. An denselben Stellen, wenn es sich um die am Meeresgrunde festsitzenden Thiere handelt, an mehr oder weniger unmittelbar darunter befindlichen Plätzen des Meeresgrundes, wenn es sich um freischwimmende Thiere handelt, erfolgt die Ablagerung der todtten Thiere.

In der obersten, dem Sonnenlichte ausgesetzten Meeres-schicht findet oft ein derartiges Zusammenleben von Thieren und Pflanzen statt, dass die Pflanze die organischen Substanzen schafft, welche dem Thiere, auf dem sie aufsitzt, zur Nahrung dienen. Ein solches, besonders bei den am Meeresgrunde festgewachsenen Thierstöcken vorkommendes Zusammenleben mit Pflanzen macht also die betreffenden Thiere von der Zufuhr neuer organischer Substanzen durch Strömungen unabhängig. Es könnte also auch in ganz stille stehendem Wasser vor sich gehen, würden nicht den Pflanzen und noch viel mehr den Thieren bestimmte anorganische Salze zugeführt werden müssen. Wenn es sich gar um Anreicherung von solchen Salzen oder von Theilen solcher Salze in den Körpern der Pflanzen und Thiere handelt, z. B. von Jod und Brom in Algen oder von kohlsaurem Kalke in Korallen, dann wird ganz besonders ein stetes oder zeitweises, wenn auch sehr langsames Zuströmen von frischem Meerwasser erfordert.

Im Allgemeinen trifft es zu, dass Pflanzenleben am besten in stille stehendem Wasser, Thierleben am besten in bewegtem Wasser gedeiht. In den oberen Meeresschichten, die von Sonnenlicht getroffen werden, kann der Grad und die Art des Pflanzen- und Thierlebens auch davon abhängen, ob an der betreffenden Stelle ein Auftauchen von Tiefenwasser oder ein Untertauchen von Oberflächenwasser stattfindet, oder ob auf eine längere Strecke hin eine fortwährende Durchmischung von Oberflächen- und Tiefenwasser vor sich geht. Welche Arten von Pflanzen und folglich auch von Thieren zu mehr oder weniger reichlicher

Entwicklung kommen, dürfte ferner, wie ich in meinem dritten und vierten »Pola«-Berichte dargelegt habe, durch den Umstand bestimmt werden, ob auf eine längere Strecke hin das ganze Jahr eine bloss horizontale Weiterbewegung des Wassers an oder knapp unter der Meeresoberfläche erfolgt oder ob diesbezüglich ein Wechsel mit der Jahreszeit, z. B. ein rasches Untersinken des Wassers bei Beginn des Winters eintritt.

Nach den im östlichen Mittelmeere gemachten Erfahrungen ist die Menge der im Meerwasser gelösten organischen Substanzen in verschiedenen Meerestheilen ziemlich grossen Schwankungen unterworfen, immer aber ist diese Menge sehr gering. Auch in demjenigen Wasser, welches den lehmigen Meeresgrund durchsetzt und welches am meisten organische Substanzen in Lösung hält, war die absolute Menge derselben unbedeutend. Es fragt sich, ob im Meerwasser deshalb eine so kleine Menge organischer Substanzen gelöst ist, weil die Löslichkeit der betreffenden organischen Substanzen (Eiweissarten, Fette etc.) ungemein gering ist, oder deshalb, weil eine bis zur Sättigung führende Auflösung von organischen Substanzen der toten Pflanzen- und Thierkörper, sowie auch von organischen Stoffwechselproducten der lebenden Organismen nicht möglich ist. Immerfort können ja die bereits gelösten organischen Substanzen entweder vollständig oxydirt werden oder in thierischen Organismen oder in Mikroorganismen zum Aufbau neuer geformter Materie dienen. Weder im Ocean noch im östlichen Mittelmeere war jedoch freie Kohlensäure, welche bei reichlicher Oxydation organischer Substanzen entstehen müsste, zu finden. Daraus und weil sich so wenig organische Substanzen in Lösung befinden (im Wasser des Oceans noch viel weniger als in dem des östlichen Mittelmeeres), musste geschlossen werden, dass sich viele organische Substanzen auf dem Meeresgrunde in ungelöster, mehr oder weniger fein vertheilter Form ablagern, was durch die zahlreichen im östlichen Mittelmeere ausgeführten Grundproben-Analysen bestätigt wurde.

Eine ähnliche Sedimentirung organischer Substanzen war also auch im Marmara-Meere zu erwarten.

Was die nicht in Lösung befindlichen, im Meerwasser feinvertheilten, belebten oder toten, organischen Substanzen, das

»Plankton« anbelangt, so wurde dasselbe im Marmara-Meere in reichlicher Menge angetroffen. Die an den verschiedensten Stellen und aus den verschiedensten Tiefen geschöpften Meerwasserproben enthielten in viel höherem Grade als die aus dem östlichen Mittelmeere zarte, durchsichtige oder durchscheinende Körperchen (Flöckchen oder Häutchen) organischer Natur, jedoch ohne deutliche Structur. Diese Körperchen setzten sich bei ruhigem Stehen des Wassers zu Boden. Ferner hatte sich der am rückwärtigen Ende des Schwebenetzes angebrachte Musselinsack nach jedem Fischzuge mit einer gallertartigen Masse bedeckt. Die Hauptmenge dieser gallertartigen Massen und der zarten Körperchen in den Wasserproben dürfte aus kleinen Algen bestanden haben.

Was die im Wasser des Marmara-Meeres gelösten organischen Substanzen betrifft, so war ihre Menge beiläufig ebenso gering wie diejenige, welche ich im Wasser des östlichen Mittelmeeres gefunden hatte. Sowie dort waren bei Weitem am meisten organische Substanzen in dem den Meeresgrund durchdringenden Wasser enthalten.

Der Umstand, dass im Wasser des Meeresgrundes sowohl im östlichen Mittelmeere als auch im Marmara-Meere bedeutend mehr organische Substanzen gefunden wurden als im freibeweglichen Meerwasser, beweist wohl, dass dieses letztere Wasser noch organische Substanzen aufzulösen vermöchte. Es ist nun zu berücksichtigen, dass die organischen Substanzen des Meeresgrundes erst hinabgelangt sind, nachdem jene feinvertheilten, festen Körperchen — anscheinend zumeist abgestorbene, mehr oder weniger im Zerfalle begriffene kleine Algen — auf dem Wege absteigender Meeresströmungen mit Meerwasser in Berührung gewesen waren. Wenn diese Berührung sehr lange dauern würde, dann wäre zu erwarten, dass anfangs, d. h. in den obersten Meeresschichten andere Arten von organischen Substanzen, welche durch Zersetzung der mehr oder weniger organisirten Körperchen entstanden sind, in Lösung gehen als später, d. h. in den unteren und untersten Meeresschichten und in dem den Meeresgrund durchdringenden Wasser.

Ein solcher Unterschied in der Art der in verschiedenen Meerestiefen gelösten organischen Substanzen und ein in

manchen Fällen zu erkennender Zusammenhang mit dem Betrage der Meerestiefe besteht wirklich. Die Ursache dessen ist gewiss weniger in der zwar an sich schon sehr bedeutenden Tiefe des Marmara-Meeres zu suchen, als darin, dass durch die kreisende Bewegung des gesammten Wassers ein senkrechtes Hinabsinken von Körpern, welche wie die gallertartigen Flöckchen, um die es sich hier besonders handelt, nur ganz wenig schwerer sind als das Meerwasser, unmöglich gemacht wird.

Wie sehr die Menge des eiweissartigen Theiles der im Meerwasser gelösten organischen Substanzen an verschiedenen Stellen des Marmara-Meeres Schwankungen unterworfen ist, ergibt sich aus den folgenden Zahlen, welche das Verhältniss ausdrücken zwischen dem bei der Oxydation der organischen Substanzen entstehenden Ammoniak und demjenigen Sauerstoffe, welcher von den organischen Substanzen aufgenommen werden kann.

Zunächst seien diejenigen Fälle angeführt, in welchen sich im Verhältnisse zur aufgenommenen Sauerstoffmenge am meisten Ammoniak bildete.

Es nahmen annähernd 10 Moleküle Sauerstoff auf und gaben 1 Molekül Ammoniak ab: das Oberflächenwasser von Station 27 *b*, das 10 *m*-Wasser von Station 12 und das 50 *m*-Wasser von Station 36. In diesen Fällen war jedenfalls die unter Sauerstoffaufnahme erfolgende Zersetzung der gelösten Verwesungs- und Stoffwechselproducte von Pflanzen- und Thierkörpern im Meere selbst weniger weit vorgeschritten, so dass die durch Erhitzen mit übermangansaurem Kalium bewirkte Zufuhr von Sauerstoff besonders viel Ammoniak abzuspalten vermochte. Stammten ja doch diese Wasserproben aus der obersten Meeresschicht, in der am meisten Leben herrscht, in der also am leichtesten immer wieder neue, stickstoffreiche, organische Substanzen in Lösung gehen können. Stickstoffhaltige Körper, welche bei der Oxydation Ammoniak liefern, finden sich besonders unter den Stoffwechsel- und Verwesungsproducten von Thieren.

In der Bucht von Panderma wurde auf Station 28 *b* knapp über dem Grunde (50 *m*) ein Wasser angetroffen, das viel weniger Ammoniak bei der Oxydation lieferte als die oben

angeführten Wasserproben. Es wurden 20 Moleküle Sauerstoff aufgenommen und 1 Molekül Ammoniak abgegeben. Das Wasser dieser Bucht ist bis zu einem gewissen Grade von der Gesamtbewegung des Wassers im Marmara-Meere abgeschlossen. Besonders am Grunde ist es wahrscheinlich, dass der Wasseraustausch nur langsam vor sich geht. Dieser relative Stillstand des Wassers knapp über dem Grunde ist der Entwicklung des Pflanzenlebens förderlich, der Entwicklung des Thierlebens hinderlich. Deshalb dürften sich in diesem Wasser relativ weniger stickstoffreiche organische Substanzen auflösen.

Noch viel weniger Ammoniak, im Verhältnisse zu der bei der Oxydation aufgenommenen Sauerstoffmenge, lieferten zwei aus grossen Tiefen geschöpfte Wasserproben, indem 30 Moleküle Sauerstoff aufgenommen wurden und 1 Molekül Ammoniak abgegeben wurde. Es war dies der Fall bei der auf Station 9 knapp über dem Meeresgrunde (1225 *m*) geschöpften Wasserprobe und bei der auf Station 29 aus 1000 *m* Tiefe emporgelohnten. Im Tiefenwasser sind also organische Substanzen gelöst, welche relativ am meisten Sauerstoff aufzunehmen, aber relativ am wenigsten Ammoniak abzugeben vermögen. Die Ursache dessen liegt einerseits darin, dass in dem Tiefenwasser, welches im Vergleiche zu der obersten Meeresschicht viel weniger belebt ist, geringere Mengen von stickstoffreichen Stoffwechsel- und Verwesungsproducten von Thieren vorhanden sind, anderseits und wohl hauptsächlich darin, dass von den festen, wahrscheinlich zumeist aus Algenkörpern bestehenden organischen Körperchen, welche aus der obersten Meeresschicht zu Boden sinken oder besser gesagt durch absteigende Meeresströmungen dem Meeresgrunde zugetragen werden, zuerst die stickstoffhaltigen, eiweissartigen Theile in Lösung gehen.

Es ist also zu erwarten, dass auf den tiefen Stellen des Meeresgrundes oder besser gesagt auf jenen Stellen des Meeresgrundes, zu welchen das Wasser der obersten Meeresschicht lange braucht, bis es hinkommt, sich organische Substanzen in fester Form ablagern, welche im Verhältnisse zu der Sauerstoffmenge, die sie aufzunehmen vermögen, nur wenig Ammoniak abspalten können.

Was die mit dem Belknap-Lothe aus dem Meeresgrunde emporgeholt, von den festen, zumeist lehmartigen Grundtheilen durch Filtration getrennten Wasserproben betrifft, so enthielt in der That das aus der grössten Tiefe (1356 *m*) unter Station 29 emporgeholt Grundwasser organische Substanzen in Lösung, welche im Vergleiche zu der bei ihrer Oxydation erforderlichen Sauerstoffmenge am wenigsten Ammoniak lieferten. Es kamen 30 Moleküle Sauerstoff auf 1 Molekül Ammoniak.

20 Moleküle Sauerstoff kamen auf 1 Molekül Ammoniak in den Lothwässern der Stationen 15 und 40. Das Meer war unter diesen Stationen 775 und 47 *m* tief. Dass unter Station 40, also in einem seichten Meerestheile, auf dem Grunde organische Substanzen abgelagert werden, welche nach ihrem geringen Vermögen Ammoniak zu liefern, schon lange Zeit in Berührung mit Meerwasser gewesen sein müssen, dürfte daher kommen, dass gegen Station 40 Tiefenwasser aus dem nordwestlichen Theile des Marmara-Meeres emporgeschoben wird und derartige organische Substanzen in Form von zersetzten Thier- und Pflanzenkörperchen mitbringt.

Die mannigfaltigen Arten, nach welchen organische Substanzen, ursprünglich entstanden bei dem Assimilationsprocesse lebender Pflanzen, dem Meerwasser zur Lösung dargeboten werden, sowie die mannigfaltigen Arten, nach welchen dann wieder aus dem Meerwasser die gelösten organischen Substanzen abgeschieden werden, bringen es mit sich, dass die Menge der im Meerwasser gelösten organischen Substanzen grossen Schwankungen unterworfen ist.

Die grossen Schwankungen im Gehalte des Meerwassers an gelösten organischen Substanzen sind aus drei Zahlenreihen der Tabelle II ersichtlich. Erstens aus jener Columne, welche angibt, wie viel Sauerstoff von den gelösten organischen Substanzen beansprucht wird, wobei der Vergleich mit der Menge desjenigen Sauerstoffes von Interesse ist, der im freien Zustande in demselben Wasser gefunden wurde. Zweitens aus jener Columne, welche angibt, wie viel Ammoniak bei der Oxydation der organischen Substanzen entsteht, wobei der Vergleich mit der bereits vorhandenen Ammoniakmenge von Interesse ist. Drittens aus jener Columne, welche die Differenzen  $a-b$

enthält, d. h. angibt, wie viel Krystallwasser bei der Bestimmung des Trockenrückstandes der Meerwasserproben dadurch am Entweichen gehindert worden ist, dass die Salze von organischen Substanzen eingehüllt wurden.

Die grossen, sich in jenen Zahlenreihen ausdrückenden Schwankungen des Gehaltes an gelösten organischen Substanzen hängen jedenfalls auch mit den ungemein verwickelten Bewegungserscheinungen des Wassers im Marmara-Meere zusammen.

Die Hauptsache ist, dass es wegen dieser Bewegungen nicht zu einer besonders reichlichen Ablagerung solcher ungelöster organischer Substanzen kommen kann, welche bei ihrer Oxydation Ammoniak liefern, und dass durch eben diese Bewegungen auch die grössten Meerestiefen mit der obersten Meeresschicht soweit in Wechselbeziehung gebracht sind, dass die letzten Oxydationsproducte der organischen Substanzen, Kohlensäure und Ammoniak, an die Atmosphäre abgegeben werden können.

#### **Weitere Beziehungen zur Wasserbewegung im Marmara-Meer.**

Im östlichen Mittelmeere hat sich zur Prüfung auf ausnahmsweises Vorkommen von emporgeschobenem Tiefenwasser in der obersten Meeresschicht, sowie zur Prüfung auf ausnahmsweises Vorkommen von hinabgelangtem Oberflächenwasser in den Meerestiefen das Vorhandensein oder Fehlen von salpetrigsauren Salzen als geeignet erwiesen.

In der Regel fehlen nämlich salpetrigsaure Salze in dem Wasser der obersten Meeresschicht. Höchstwahrscheinlich wirkt die reducirende Thätigkeit pflanzlicher Organismen der Bildung oder dem Erhaltenbleiben von salpetriger Säure entgegen.

In den dem Sonnenlichte so gut wie unzugänglichen Meerestiefen ist hingegen salpetrige Säure in der Regel vorhanden. Damit es zur Bildung von salpetriger Säure kommt, muss dasselbe Meerwasser lange Zeit in solchen Tiefen bleiben. Ein erst vor Kurzem in die Tiefe hinabgelangtes Wasser der obersten Meeresschicht ist deshalb noch frei oder fast frei von salpetriger Säure.

Ebenso bedarf es einiger Zeit, bis aus einem in die Nähe der Meeresoberfläche oder an dieselbe emporgeschobenen Tiefenwasser die salpetrige Säure durch pflanzliche Organismen entfernt ist. Entweder wird der Stickstoff der salpetrigen Säure in organische Verbindungen aufgenommen und dient dabei zum Aufbau des Pflanzenkörpers, oder er wird in die Form des Ammoniak übergeführt.

Frei von salpetriger Säure, d. h. schon lange Zeit in der obersten Meeresschicht, waren die Oberflächenwässer der Stationen 1 und 3, die 10 *m*-Wässer der Stationen 12, 42 und 43 und das 50 *m*-Wasser der Station 35.

Geringe Spuren von salpetriger Säure (mit Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure war nach 1 Stunde eine Violettfärbung aufgetreten) enthielten als Zeichen, dass entweder nur wenig Tiefenwasser beigemischt war oder dass das Emporgeschobenwerden des Tiefenwassers schon vor einiger Zeit stattgefunden hatte, die 50 *m*-Wässer der Stationen 33 und 36 und die knapp über dem nur 45, beziehungsweise 25 oder 60 *m* tiefen Grunde unter den Stationen 42, 43 und 44 geschöpften Wasserproben.

Etwas grössere Mengen von salpetriger Säure (nach 1 Stunde eine ganz schwache Blaufärbung), und zwar solche, welche in den Tiefen des Marmara-Meeres beobachteten grössten Mengen gleich waren, fanden sich in den 50 *m*-Wässern der Stationen 34, 37 und 38, sowie in dem Bodenwasser (47 *m* Tiefe) der Station 40. Zu den Stellen, von welchen diese Wasserproben stammten, wird also Tiefenwasser rasch emporgedrückt. Insofern das knapp über dem Grunde (44 *m*) unter der Station 41 geschöpfte Wasser ganz geringe Spuren von salpetriger Säure enthielt (erst nach 2 Stunden war eine Färbung, ein ganz schwaches Blau aufgetreten), kann man schliessen, dass auch diesem Wasser etwas Tiefenwasser beigemischt war.

Dem bisher Angeführten seien die an Wasserproben aus tiefen und aus den tiefsten Theilen des Marmara-Meeres ausgeführten Prüfungen gegenübergestellt.

Frei von salpetriger Säure, d. h. vor Kurzem erst in die Tiefe gelangt, waren die 500 *m*-Wässer der Stationen 1, 25, 37 und 38. Ganz geringe Spuren von salpetriger Säure fanden

sich, als Zeichen, dass die betreffenden Wassermassen entweder schon vor etwas längerer Zeit aus der obersten Meeresschicht untergetaucht waren oder dass sie aus einer Mischung von Tiefenwasser mit viel erst vor Kurzem untergetauchtem Wasser bestanden, im 1000 *m*-Wasser der Station 2, im 100 *m*-Wasser der Station 16, im 500 *m*- und im 1000 *m*-Wasser der Station 29, im 500 *m*-Wasser der Station 32, sowie in dem knapp über dem Grunde (1225 *m*) geschöpften Wasser der Station 9. Von diesen Wasserproben enthielten am wenigsten salpetrige Säure das 500 *m*- und das 1000 *m*-Wasser der Station 29; bei der Prüfung trat nach 2 Stunden ein ganz schwaches Violett auf. Für Tiefenwasser charakteristische, relativ hohe Gehalte an salpetriger Säure wurden im 1000 *m*-Wasser der Station 32 und im 500 *m*-Wasser der Station 33 gefunden.

Die geschilderten Verhältnisse zeigen, dass es in den Tiefen des Marmara-Meeres zu einer bedeutenden Ansammlung von salpetriger Säure nicht kommt. Von manchen Stellen der obersten Meeresschicht wird Wasser, das frei von salpetriger Säure ist, hinabgeführt, zu anderen Stellen der obersten Meeresschicht wird Tiefenwasser, in welchem sich salpetrige Säure gebildet hat, und zwar annähernd ebensoviel wie in den Tiefen des östlichen Mittelmeeres, emporgeführt. Da durch die horizontalen Strömungen im Laufe der Zeit das gesammte Wasser des Marmara-Meeres zu jenen Stellen des Meeres geführt wird, an welchen in besonders hohem Grade Wasserbewegungen in aufsteigenden oder absteigenden Richtungen stattfinden, ist es unmöglich, dass die in der Tiefe bei Abschluss des Sonnenlichtes, unter der Mitwirkung von Mikroorganismen, vor sich gehende Verwesung (Oxydation) der organischen Substanzen zur Ansammlung grösserer Mengen von salpetriger Säure oder gar zur Bildung von Salpetersäure führt.

Was sich in den Meerestiefen an salpetrigsauren Salzen bildet, kommt früher oder später dem Pflanzenleben der obersten Meeresschicht zugute.

Insoferne also in den finsternen Meerestiefen bei der Verwesung der organischen Substanzen salpetrige Säure entsteht und insoferne dieselbe durch aufsteigende Meereströmungen

in die obersten Meeresschichten geschafft wird, kann man von einer düngenden Wirkung der Meerestiefen auf die obersten Meeresschichten sprechen.

Der Stickstoff der in den Meerestiefen gebildeten salpetrigen Säure entweicht, nachdem er bei der Ernährung pflanzlicher und thierischer Meeresorganismen mitgeholfen hat, früher oder später als Ammoniak in die Atmosphäre. Dort wird er durch die Luftbewegungen und durch den Regen dem Erdboden zugeführt, um dessen Pflanzendecke in ihrem Wachstum zu unterstützen. —

Bei den Untersuchungen im östlichen Mittelmeere hat es sich als wichtig erwiesen, dass an der afrikanischen Küste im Westen von den Nilmündungen in der obersten Wasserschicht, durch Vermittlung von Algen, in besonders reichem Masse Brom und Jod den Salzen des Meerwassers entzogen werden. Es liess sich der Mindergehalt des Meerwassers an Brom und die Ablagerung des Jods, in der Form von abgestorbenen Algen, auf dem Meeresgrunde — den Strömungsverhältnissen entsprechend — im Meeresgebiete zwischen Egypten und Kleinasien, sowie im Ägäischen Meere verfolgen. Dabei war es interessant zu beobachten, dass sich einzelne Wassermassen (auch in grossen Tiefen) inmitten von Wassermassen normalen Bromgehaltes durch einen verringerten Bromgehalt auszeichneten, und dass die Hauptmasse des Wassers im östlichen Mittelmeere (im jonisch-afrikanischen Meere alles Wasser) denselben Bromgehalt aufwies wie das Wasser des Oceans, nämlich 0.33 Theile Brom auf 100 Theile Chlor.

Ob durch die Dardanellen als Unterstrom ein Meerwasser von normalem oder von verringertem Bromgehalte einfliesst, wird also davon abhängen, welche Wassermassen jeweilig durch die kreisende Bewegung des Wassers im Mittelländischen Meere durch die Strasse von Rhodus und entlang der Westküste Kleinasiens bis zum Eingange der Dardanellen geführt worden sind. Dass thatsächlich bis in den nördlichen Theil des Ägäischen Meeres bromarme Wassermassen von der afrikanischen Küste her gelangen können, zeigte der niedrige Bromgehalt des knapp über dem Meeresgrunde (900 *m*) befindlichen Wassers zwischen der Insel Samothraki und der Halbinsel von

Gallipoli. Dieses Wasser besass das normale hohe specifische Gewicht des Mittelmeerwassers und war, bevor es dorthin gelangte, höchst wahrscheinlich bei dem Dardanelleneingange vorbeigeströmt, so dass frühere Theile von ihm in die Dardanellen, in das Marmara-Meer und daraus in das Schwarze Meer eingeflossen sein konnten.

In dem durch die Dardanellen als Oberstrom abfliessenden, specifisch leichten Wasser des Schwarzen Meeres und des Marmara-Meeres könnte das Verhältniss zwischen Chlor und Brom durch die im Schwarzen Meere vor sich gegangene Verdünnung mit beiläufig dem gleichen Volum Süsswasser geändert worden sein. Dies ist jedoch so gut wie ausgeschlossen in Anbetracht des Umstandes, dass der Gehalt des Flusswassers an Chloriden und Bromiden verschwindend klein ist im Vergleiche zu dem Chlor- und Bromgehalte des Meerwassers. Eher könnte man an die Möglichkeit denken, dass im Schwarzen Meere sowohl, als auch im Marmara-Meere die der verticalen Durchmischung am wenigsten ausgesetzte, dem Sonnenlichte am meisten zugängliche, oberste Wasserschicht durch die brom- und jodaufspeichernde Thätigkeit von Algen ihres Bromgehaltes zum Theile beraubt wird. Diese bromentziehende Thätigkeit der Algen müsste im Laufe der Jahreszeiten Schwankungen unterworfen sein, im Sommer sich reichlicher entfalten als im Winter.

Es wäre also zu erwarten, dass das aus dem Marmara-Meere, beziehungsweise aus dem Schwarzen Meere durch die Dardanellen abfliessende Oberflächenwasser am Ende des Sommers weniger Brom enthält als bei Beginn des Sommers. In der That konnte ich dies nachweisen.

Die Wasserprobe, welche Anfangs September 1893 auf Station 379 der »Pola«-Expeditionen von der Oberfläche des Wassers in den Dardanellen geschöpft worden war, enthielt auf 100 Theile Chlor 0·210 Theile Brom.

Die Wasserprobe, welche Ende Mai 1894 auf Station 44 der »Taurus«-Expedition dem Oberflächenwasser des Dardanellenstromes entnommen wurde, ergab bei der Analyse auf 100 Theile Chlor 0·316 Theile Brom, also fast den normalen Bromgehalt des Meerwassers.

Nach dem Gesagten liegt die Möglichkeit vor, dass im Marmara-Meere, je nach der Provenienz des Tiefenwassers und je nach dem Grade, in welchem dem Oberflächenwasser Brom durch Algen entzogen wurde, Wassermassen von verschiedenem Bromgehalte sich nebeneinander befinden. Wenn dies im Allgemeinen nicht der Fall ist, so beweist es, dass im Marmara-Meere in der Regel die Durchmischung und Erneuerung der Wassermassen zu rasch verlaufen, als dass Unterschiede im Bromgehalte längere Zeit, auch nur ein Jahr lang, bestehen bleiben könnten.

Derselbe Bromgehalt (auf Chlor bezogen), welcher für die Hauptmenge des Wassers im östlichen Mittelmeere und für das Wasser des Oceans charakteristisch ist, wurde in folgenden Wasserproben gefunden: Im 1000 *m*-Wasser der Station 2, im Oberflächen- und im 100 *m*-Wasser der Station 16, in dem knapp über dem Meeresgrunde (1090 *m*) unter Station 23 geschöpften Wasser, im 1000 *m*-Wasser der Station 32, im Oberflächenwasser der Station 44 und in den auf den Stationen 41, 43 und 44 knapp über dem Meeresgrunde geschöpften Wasserproben.

Von den 12 auf ihren Bromgehalt untersuchten Wasserproben wiesen nur zwei auffallend geringe Brommengen auf. Auf 100 Theile Chlor waren in dem auf Station 13 knapp über dem Grunde (400 *m*) geschöpften Wasser 0·252 und in dem auf Station 28*a* knapp über dem Grunde (50 *m*) geschöpften Wasser 0·205 Theile Brom enthalten. Die Stellen, von welchen diese Wasserproben stammten, sind durch ihre Lage bis zu einem gewissen Grade vor den unterseeischen Meeresströmungen geschützt. So konnten dort Wassermassen, die in bromarmem Zustande in das Marmara-Meer gelangt sind oder erst im Marmara-Meere ihres Broms zum Theile beraubt wurden, erhalten bleiben. Unter der in der Bucht von Panderma gelegenen Station 28 ist übrigens der Meeresgrund so nahe der Meeresoberfläche, dass auch an Ort und Stelle dem Meerwasser unter dem Einflusse des Sonnenlichtes durch Algen Brom entzogen werden konnte. Die bromarm gefundene Wasserprobe war daselbst am Abende geschöpft worden.<sup>1</sup>—

<sup>1</sup> Sowie an dieser den Meeresströmungen schwer zugänglichen Stelle in der Bucht von Panderma der geringste Bromgehalt des Marmara-Meeres beob-

Durch den Oberflächenstrom des Bosphorus werden aus dem Schwarzen Meere, beziehungsweise aus den in dieses Meer mündenden Flüssen (Donau, Don, Dnjepr etc.) grosse Mengen von kohlensaurem Kalke in gelöster Form in das Marmara-Meer gebracht. Es könnte dies für die im Marmara-Meere lebenden Organismen von Bedeutung sein. Sowohl in diesen lebenden Organismen, als auch unter dem Einflusse von rein chemischen Reactionen, welche durch die Verwesungsproducte der abgestorbenen Organismen, vor Allem durch Ammoniak im Meerwasser veranlasst werden, könnte es zu einer besonders reichlichen Abscheidung von kohlensaurem Kalke kommen, wenn sich die grossen zugeführten Mengen von gelöstem kohlensaurem Kalke gleichmässig im Marmara-Meere vertheilen würden.

Es gehört zu den auffallendsten Thatsachen, dass das Meerwasser im Allgemeinen durchaus nicht gesättigt mit kohlensaurem Kalke ist, obwohl fortwährend durch die Flüsse der ganzen Erde sehr grosse Mengen davon in das Meer gelangen, die sich dort wegen der an der Meeresoberfläche stattfindenden Verdunstung von Wasser anhäufen könnten. Wenn eine solche Anhäufung nicht erfolgt, so rührt dies eben daher, dass gelöster kohlensaurer Kalk, hauptsächlich durch die Bildung von Muschelschalen und Korallenbänken, dann durch rein chemische Fällungen auf dem Meeresgrunde, dem Meere entzogen wird, so dass bis zu einem gewissen Grade ein Gleichgewicht zwischen dem zugeführten und dem abgeschiedenen kohlensauren Kalke besteht.

Die Zunahme des Gehaltes von Meerwasser an gelöstem kohlensaurem Kalke zeigt sich an dem vermehrten Kalkgehalte und daran, dass eine grössere Menge von Salzsäure nothwendig ist, um die ganz gebundene Kohlensäure (zugleich mit

---

achtet worden ist, fand sich daselbst auch ein geringerer Schwefelsäure-Gehalt des Wassers als im Mittelmeerwasser und in dem aus dem Schwarzen Meere kommenden Wasser, welche beide, immer selbstverständlich im Verhältniss zum Chlor, gleich viel Schwefelsäure enthielten. Es ist möglich, dass nicht blos Brom, sondern auch Schwefel in jener nur 50 m tiefen Bucht in besonders reichlicher Masse von Algen zum Aufbau ihrer Körper verwendet worden ist.

der halbgebundenen Kohlensäure) auszutreiben, als bei normalem Meerwasser. Wie ich in dem »historischen Rückblicke« meiner letzten Abhandlung auseinander gesetzt habe, ist im normalen Meerwasser die ganz gebundene Kohlensäure durchaus nicht bloß in Form von kohlensaurem Kalk zugegen. Es kommt vielmehr neben den kleinen, im Meerwasser enthaltenen Kalkmengen die grosse Natriummenge zur überwiegenden Geltung. Man ist weder bei normalem Meerwasser, noch bei solchem, welches durch Flusswasser verdünnt ist, berechtigt, anzunehmen, dass die ganz gebundene Kohlensäure bloß oder auch nur zum grössten Theile an Kalk gebunden ist. Gleichwohl sind, um den Vergleich mit älteren Literaturangaben über anderweitige Meerwasser-Analysen zu erleichtern, in den Tabellen II und VI/2 die unter dieser Annahme berechneten Werthe als »hypothetisches  $\text{CaCO}_3$ « eingesetzt worden.

Um die Gehalte an ganz gebundener Kohlensäure bei verschieden stark durch reines Wasser verdünnten Meerwässern unabhängig von dem Grade der Verdünnung miteinander vergleichen zu können, d. h. zur Beurtheilung der Vermehrung, welche das Meersalz durch den Hinzutritt des gelösten kohlensauren Kalkes erfahren hat, seien die gefundenen Mengen von ganz gebundener Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) auf 100 Theile des aus dem specifischen Gewichte der Wasserproben berechneten Gesamtsalzes bezogen.

Im Mittelmeerwasser (und im Wasser des Oceans) kommen auf 100 Theile Gesamtsalz 0·130 Theile ganz gebundene Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ). Die Schwankungen um diesen Werth sind nur gering, sie betragen 1—2 Einheiten der zweiten Decimalstelle.

Im Folgenden sind die 32 auf die ganz gebundene Kohlensäure untersuchten Wasserproben angegeben, und zwar in der Art, dass auf die Wasserprobe mit der geringsten Menge ganz gebundener Kohlensäure (im Vergleiche zum Gesamtsalze) die übrigen entsprechend ihrem steigenden Gehalte an ganz gebundener Kohlensäure (immer im Vergleiche mit dem Gesamtsalze) folgen.

Nach ihrem Gehalte an ganz gebundener Kohlensäure bestanden aus reinem Mittelmeerwasser: das Boden- (d. h. knapp

über dem Meeresboden geschöpfte) Wasser der Station 9, das 100 *m*-Wasser der Station 16, das 500 *m*-Wasser der Station 30, das Bodenwasser der Station 37, das 500 *m*-Wasser der Station 38, das 50 *m*-Wasser der Station 34, das 100 *m*-Wasser der Station 9, das Bodenwasser der Station 27 *a*, die 50 *m*-Wässer der Stationen 30, 6 und 33, das 500 *m*-Wasser der Station 33 und das Bodenwasser der Station 28 *a*.

Nur 4 Wasserproben enthielten auf 100 Theile Gesamtsalz 0·150—0·179 Theile ganz gebundene Kohlensäure, d. h. stellten eine Mischung von viel Mittelmeerwasser mit ganz wenig Wasser aus dem Schwarzen Meere dar. Es waren dies: das 1000 *m*-Wasser der Station 2, das 500 *m*-Wasser der Station 1, das Bodenwasser der Station 28 *b* und das 500 *m*-Wasser der Station 29.

Keine von den untersuchten, sich über die verschiedensten Theile und Tiefen des Marmara-Meeres vertheilenden Wasserproben enthielt auf 100 Theile Gesamtsalz 0·180—0·230 Theile ganz gebundene Kohlensäure (CO<sub>2</sub>). Dies bedeutet, dass sich an keiner von den untersuchten Stellen des Marmara-Meeres ein Wasser befand, das durch Vermischung von annähernd gleich grossen Raumtheilen von Mittelmeerwasser und von Wasser aus dem Schwarzen Meere entstanden war. Eine solche Vermischung findet also im Marmara-Meere nur selten statt, oder besser gesagt, es kann ein an Ausnahmestellen entstandenes derartiges Wassergemisch nicht bestehen bleiben, da wegen der eigenthümlichen Strömungserscheinungen des Marmara-Meeres fast überall entweder vorwiegend reines Mittelmeerwasser oder vorwiegend reines Wasser aus dem Schwarzen Meere zugegen ist. In die alleroberste, zumeist aus Schwarzem Meer-Wasser bestehende Meeresschicht wird stellenweise Tiefenwasser empor- und hineingeschoben. In das zumeist aus Mittelmeerwasser bestehende Tiefenwasser wird stellenweise Wasser der allerobersten Meeresschicht hinabgedrückt oder, und zwar in den mittleren Theilen des Meeres durch die wirbelartige Bewegung des gesammten Wassers hinabgesaugt. Wenn dann irgendwo, in letzterem Falle eventuell erst in sehr grosser Tiefe, die gegenseitige Durchmischung erfolgt, dann ist entweder Mittelmeerwasser oder Wasser aus dem Schwarzen

Meere in derartigem Überschusse vorhanden, dass eine erhebliche Änderung des Gehaltes an ganz gebundener Kohlensäure im Mischwasser unmöglich ist.

Wegen des grossen Gehaltes an ganz gebundener Kohlensäure (an kohlen saurem Kalk) von mehr oder weniger reinem, mit Mittelmeerwasser nicht oder fast nicht vermischem Wasser aus dem Schwarzen Meere zu sprechen, ist man in folgenden Fällen berechtigt: beim Bodenwasser der Station 27 *b*, beim 1000 *m*-Wasser der Station 29, beim 50 *m*-Wasser der Station 35, beim 10 *m*- und beim 5 *m*-Wasser der Station 27 *b*, beim 5 *m*-, 10 *m*- und Oberflächenwasser der Station 35, beim Oberflächenwasser der Stationen 27 *b* und 34, beim 500 *m*-Wasser der Station 25, beim Bodenwasser der Station 13, bei den 50 *m*-Wässern der Stationen 29 und 26 und beim Oberflächenwasser der Station 1. Das zuletzt genannte Wasser wies den grössten Gehalt an ganz gebundener Kohlensäure auf. Es kamen 0·304 Theile CO<sub>2</sub> auf 100 Theile Salz. Die Nähe des Bosphorus erklärt dies. Das Oberflächenwasser dieser Station bestand offenbar, wenigstens zum grössten Theile, aus Wasser, welches erst vor Kurzem aus dem Schwarzen Meere eingeflossen war und deshalb noch am wenigsten Gelegenheit gefunden hatte, sich mit dem aus dem Mittelmeere stammenden Wasser zu vermischen.

Hervorzuheben ist vor Allem, dass ein klarer Zusammenhang zwischen dem Gehalte an ganz gebundener Kohlensäure (bezogen auf das Gesamtsalz) und dem specifischen Gewichte der einzelnen Wasserproben besteht. Je specifisch schwerer eine Wasserprobe aus dem Marmara-Meere war, umsoweniger ganz gebundene Kohlensäure enthielt sie, je specifisch leichter eine Wasserprobe war, umso mehr ganz gebundene Kohlensäure enthielt sie. Dieser Zusammenhang könnte nicht bestehen, wenn in erheblichem Grade das Oberflächenwasser des Marmara-Meeres eine Verdünnung durch atmosphärische Niederschläge oder eine Concentration durch Verdunstung erfahren würde. Im Marmara-Meere sind also die atmosphärischen Niederschläge und die Verdunstung nicht im Stande, in merkbarer Masse das specifische Gewicht des Wassers zu beeinflussen. Es kommt dies offenbar daher, dass die Beträge der

atmosphärischen Niederschläge und der Verdunstung zu klein sind, um nicht durch die fortwährende, bis zu einem gewissen Grade stattfindende Durchmischung der übereinander befindlichen Wasserschichten und durch die fortwährende Erneuerung des Wassers im Marmara-Meere (vom Schwarzen Meere und vom Mittelmeere her) unmerklich gemacht zu werden.

Die wichtigste Folgerung, die sich aus den Bestimmungen der ganz gebundenen Kohlensäure ergibt, besagt, dass der kohlensaure Kalk, welcher, aus den Zuflüssen des Schwarzen Meeres, der Donau, dem Don, Dnejpr etc. stammend, durch das den Bosphorus durchströmende Wasser des Schwarzen Meeres in das Marmara-Meer gebracht wird, nahezu vollständig wieder mit eben diesem Wasser durch die Dardanellen weiterzieht, um erst dann an irgend einer nahen oder fernen Stelle des Mittelmeeres oder des Oceans in Muschelschalen, Korallenbänken oder sonstwie zur Abscheidung zu kommen. —

Die Thatsache, dass sich im Marmara-Meere das salzarme, kalkreiche Wasser des Schwarzen Meeres verhältnissmässig nur wenig mit dem aus dem Mittelmeere stammenden Wasser mischt, muss für die Fauna des Marmara-Meeres von Bedeutung sein.

Man könnte zunächst glauben, dass das vorwiegende Erhaltenbleiben des Wassers aus dem Schwarzen Meere in der allerobersten Schicht des Marmara-Meeres die Vermehrung solcher Thierformen begünstige, welche aus dem Schwarzen Meere durch die Strömung des Bosphorus in das Marmara-Meer getragen werden. Dies ist jedoch wenig wahrscheinlich in Anbetracht der im Marmara-Meere herrschenden höheren Wassertemperatur. Wie oben schon hervorgehoben, ist die mittlere, sich in den Meerestiefen anzeigende Temperatur des Wassers im Marmara-Meere (wegen der in diesem Meere lebhafteren kreisenden Bewegung des Wassers) nicht nur bedeutend höher als die mittlere Temperatur des Wassers im Schwarzen Meere, sondern sogar etwas höher als die mittlere Temperatur des Wassers im Mittelländischen Meere. Das Wasser des Schwarzen Meeres ist ferner nicht derart salzarm, dass es als Brackwasser gelten könnte, es muss als wirkliches Meerwasser betrachtet werden. Demnach wird der dem Mittelmeere gegenüber

verringerte Salzgehalt in Bezug auf die zu besonders reichlicher Entwicklung kommenden Thierformen weniger zur Geltung gelangen als die höhere Wassertemperatur. Die Einwanderung der Thierarten des Mittelländischen Meeres konnte durch den Unterstrom der Dardanellen vermittelt werden.<sup>1</sup> Auf demselben Wege konnte und kann, obwohl die Dardanellenstrasse relativ seicht (an einer Stelle bloß 50 m tief) ist, auch die Besiedlung der Tiefen des Marmara-Meeres stattfinden. Die im Mittelländischen Meere vom tiefsten Meeresgrunde bis nahe zur Oberfläche, im Winter sogar bis ganz zur Oberfläche gleiche Temperatur ermöglicht und begünstigt ein freiwilliges Emporsteigen oder ein durch Strömungen veranlassetes Vertragenwerden von Tiefseethieren in irgend welchen Entwicklungsstadien bis in geringe Meerestiefen.

Was die auf dem Grunde des Marmara-Meeres lebenden Thiere betrifft, so sind nicht bloß wegen der Wassertemperatur, sondern auch wegen des Salzgehaltes Thierarten des Mittelmeeres und nicht solche des Schwarzen Meeres zu erwarten. Ist ja doch (wegen des durch die kreisende Bewegung des gesamten Wassers bewirkten Auflaufens von Tiefenwasser gegen den Meeresrand) nahezu der ganze Boden des Marmara-Meeres von Mittelmeerwasser bedeckt, indem nur der äusserste Küstensaum so seicht ist, dass in ihm die dünne Decke von Wasser aus dem Schwarzen Meere bis an den Grund reicht. Nur in Ausnahmefällen und höchst wahrscheinlich an wechselnden Stellen kommt in den mittleren Theilen des Meeres Wasser dieser dünnen Decke (durch die einsaugende Kraft der horizontal kreisenden Bewegung) zum Untertauchen bis an den Meeresgrund. —

Wie die auf der »Taurus«-Expedition vorgenommenen Netzzüge bewiesen haben, ist das Marmara-Meer bis in seine grössten Tiefen belebt. Es ist dies nur deshalb möglich, weil durch absteigende Meeresströmungen sauerstoffhältiges Wasser hinabgelangt. Wie die in der Tabelle II eingereihten, oben schon

---

<sup>1</sup> Nach freundlichen Mittheilungen des Herrn Dr. R. Sturany gehören die von ihm bestimmten, während der »Taurus«-Expedition gesammelten Mollusken denselben Arten an, welche aus dem Mittelländischen Meere bekannt sind. Von den für das Schwarze Meer charakteristischen Arten fand sich keine vor.

besprochenen Zahlen beweisen, findet in den Tiefen des Marmara-Meeres ein grosser Verbrauch von Sauerstoff statt. Zum Theile rührt derselbe von dem Leben der Tiefseethiere her, zum Theile von den Oxydations- (Verwesungs-) Vorgängen in den todtten Thier- und Pflanzenkörpern, welche zumeist aus der, sich durch regstes Leben auszeichnenden, obersten Meeresschicht stammen. Bei diesem Verbräuche von Sauerstoff könnte es zu einer reichlichen Bildung von Kohlensäure kommen. Es wird zwar allerdings bei vollständiger Oxydation der organischen Substanzen ein Theil des hinzutretenden Sauerstoffes zur Wasserbildung von dem Wasserstoffe der organischen Substanzen in Anspruch genommen. Dies ist jedoch nur in geringem Masse der Fall, da ja dieser Wasserstoff meistens in den organischen Substanzen selbst genug Sauerstoff zu seiner Oxydation vorfindet, und da ausserdem ein Theil von ihm bei der Oxydation in Form von Ammoniak abgespalten wird. Es müssten, wenn die Oxydation der organischen Substanzen, welche in den Nahrungsmitteln der Thiere und in den verwesenden Thier- und Pflanzenleichen enthalten sind halbwegs vollständig wäre, immerhin fast ebensoviele Moleküle Kohlensäure entstehen, als Moleküle Sauerstoff verbraucht werden.

Die Folge einer solchen reichlichen Bildung von Kohlensäure in den Meerestiefen müsste sein, dass die alkalische Reaction, welche sonst dem Meerwasser eigen ist, verschwindet, und dass dann das Meerwasser, welches eben wegen seiner alkalischen Reaction, wie die Versuche Thoulet's gelehrt haben, nur ein geringes Lösungsvermögen Muschelschalen und Gesteinen gegenüber besitzt, sauer (kohlensäuer) wird. Die weitere Folge wäre also, dass sich in den Tiefen des Marmara-Meeres Lösungsvorgänge sowohl auf dem Meeresgrunde, als auch an den im Tiefenwasser schwebenden kleinen Muscheln einstellen würden.

Eine ebenso starke alkalische Reaction wie im Wasser des östlichen Mittelmeeres (und im Oceanwasser) wurde in folgenden Wasserproben gefunden: Im Oberflächenwasser der Stationen 1, 3, 34 und 42, im 5 *m*- und im 10 *m*-Wasser der Station 27 *b*, im 5 *m*-Wasser der Station 43, im 10 *m*-Wasser der Stationen 12 und 35, im 50 *m*-Wasser der Stationen 26,

34 und 35, in den Bodenwässern der Stationen 27 *a* und *b*, 28*b*, 41, 42 und 43, in dem 100 *m*-Wasser der Stationen 9 und 16, im Bodenwasser der Station 12, im 500 *m*-Wasser der Stationen 1, 25, 29, 32, 33 und 37, im 1000 *m*-Wasser der Stationen 29 und 32.

Dass in der obersten Meeresschicht alkalische Reaction des Wassers vorhanden war, ist nicht zu verwundern. Es muss ja vom Oberflächenwasser ein eventueller Überschuss von Kohlensäure an die Atmosphäre abgegeben werden. Die auf den Stationen 25, 29 und 32 in 500 und 1000 *m* Tiefe geschöpften Wasserproben zeigten durch ihr geringes specifisches Gewicht an, dass sie erst vor Kurzem in die Tiefe gerathen waren. Offenbar hatten sie deshalb noch die alkalische Reaction bewahrt. Die 500 *m*-Wässer der Stationen 1, 33 und 37 zeigten durch ihr hohes specifisches Gewicht, die beiden letzteren auch durch ihren nachgewiesenen verringerten Sauerstoffgehalt, dass sie Theile des wirklichen Tiefenwassers ausmachten und nicht erst vor Kurzem in die Tiefe gelangt waren. Trotzdem wiesen sie die gewöhnliche alkalische Reaction des Meerwassers auf. Dies deutet schon an, dass es sich in den Tiefen des Marmara-Meeres ebenso oder ähnlich verhält wie in den Tiefen des Oceans und des Mittelmeeres: dass nämlich der Verbrauch von freiem Sauerstoffe deshalb nicht eine entsprechende Vermehrung der Kohlensäure und ein Auftreten freier Kohlensäure zur Folge hat, weil der in Reaction tretende freie Sauerstoff hauptsächlich zur Bildung von neutral oder alkalisch reagirenden Zwischenproducten der Oxydation thierischer und pflanzlicher organischer Substanzen dient.

Eine Anzahl von Wasserproben, von welchen die meisten aus 50 *m* Tiefe stammten, reagirte zwar deutlich alkalisch, jedoch etwas schwächer alkalisch als sonst das Meerwasser. In diesen Wasserproben war dem gewöhnlichen Meerwasser gegenüber die alkalische Reaction beiläufig ebenso stark verringert, als dies im östlichen Mittelmeere in manchen mittelst des Belknap-Lothes aus dem Meeresgrunde emporgeholt, von den festen Grundtheilchen abfiltrirten Wässern (Lothwässern) der Fall gewesen war. An den betreffenden Stellen des Meeres hatte also thatsächlich eine Vermehrung der Kohlen-

säure stattgefunden. Diese Vermehrung war jedoch so unbedeutend, dass die geringen, im Meerwasser gelösten einfachkohlensauen Salze genügten, um alle entstandene Kohlensäure zu doppeltkohlensauen Salzen zu binden. Es blieb dabei noch ein Rest von einfachkohlensauen Salzen erhalten, welcher eben auch diesen Meerwasserproben eine alkalische Reaction ertheilte.

Diese schwächer alkalisch reagirenden Wasserproben waren: Das 50 *m*-Wasser der Stationen 2, 3, 30, 33, 37, das Bodenwasser der Stationen 28*a* und 40, das 200 *m*-Wasser und das Bodenwasser (249 *m*) der Station 22, das 500 *m*-Wasser der Stationen 3, 30 und 38, das 750 *m*-Wasser der Station 38, das 500 *m*- und das 1000 *m*-Wasser der Station 2, das Bodenwasser (1090 *m*) der Station 23 und das Bodenwasser (1225 *m*) der Station 9. Unter Station 2 war das 1000 *m*-Wasser etwas stärker alkalisch als das 500 *m*-Wasser, ebenso wie unter Station 22 das Bodenwasser etwas stärker alkalisch reagirte als das 200 *m*-Wasser.

Von allen 65 auf ihre Reaction geprüften Wasserproben reagirte nur eine nicht alkalisch, indem sie Spuren von freier Kohlensäure enthielt. Es war die auf Station 38 knapp über dem dort 1056 *m* tiefen Meeresgrunde geschöpfte Wasserprobe.

Diese einzige Stelle, an welcher freie Kohlensäure gefunden wurde, bildet das westliche Ende der grossen Tiefen und liegt in einem solchen Winkel des Meeresgrundes, dass ein Durchstreichen von frischem, erst vor Kurzem der Meeresoberfläche nahe gewesenem Wasser daselbst in geringerem Masse zu erwarten war als an allen anderen untersuchten Stellen des Marmara-Meeres.

Dass in den Tiefen des Marmara-Meeres fast gar nicht mehr Kohlensäure vorhanden ist als in den Tiefen des Mittelmeeres und des Oceans, kommt also daher, dass sowie dort die organischen Substanzen von Thieren und Pflanzen durch den Sauerstoff nur zum geringsten Theile bis zu Kohlensäure oxydirt werden, und daher, dass sowie dort die als Stoffwechsel- oder als Verwesungsproduct entstandene Kohlensäure durch Wasserströmungen aus den Tiefen bis an die Meeresoberfläche

gebracht wird, von wo sie entweder in die Atmosphäre entweicht, oder wo ihr Kohlenstoff noch innerhalb des Meeres neu in den Kreislauf des Lebens eintritt.<sup>1</sup>

Dass stellenweise in der obersten, dem Sonnenlichte zugänglichen Schicht des Marmara-Meeres, ebenso wie an Stellen dieser Schicht im Mittelmeere und im Ocean, durch die assimilirende Thätigkeit pflanzlicher Organismen freier Sauerstoff entsteht, darauf wurde schon oben hingewiesen. Dieser Sauerstoff wird vorwiegend der Kohlensäure entnommen. Es ist also zu erwarten, dass stellenweise wegen des stattfindenden Zerfalles der Kohlensäure die alkalische Reaction des Meerwassers verstärkt wird.

Thatsächlich ergaben eine etwas stärkere alkalische Reaction als das gewöhnliche Meerwasser folgende Wasserproben: Das Oberflächenwasser der Stationen 26, 27 *b* und 35, das 5 *m*-Wasser der Stationen 35 und 42, das 10 *m*-Wasser der Station 42, das 50 *m*-Wasser der Station 29 und das knapp über dem Grunde (60 *m*) geschöpfte Wasser der Station 44. —

Sowie durch die kreisende Bewegung des gesammten Wassers im Marmara-Meere der gelöste Sauerstoff aus der obersten Meeresschicht bis in die grössten Tiefen und die Kohlensäure aus den grössten Tiefen in die oberste Meeresschicht gelangt, steht in Aussicht, dass auch kleine, feste, im Meerwasser schwebende Theilchen in die Tiefe getragen

---

<sup>1</sup> Es ist möglich, dass im Sommer wegen des reicheren Pflanzen- und Thierlebens der obersten Wasserschicht grössere Mengen von verwesenden organischen Substanzen in die Tiefen des Marmara-Meeres gelangen als im Winter. Durch dieselben könnte der an manchen Stellen der Tiefen im Frühjahr vorhandene, dem gewöhnlichen Meerwasser gegenüber verringerte Sauerstoffgehalt ganz verbraucht werden, so dass dann der gebundene Sauerstoff der schwefelsauren Salze zur weiteren Oxydation der organischen Substanzen herangezogen werden müsste. Die Folge wäre, dass sich, so wie in den Tiefen des Schwarzen Meeres, Schwefelwasserstoff bilden würde. Wenn dies überhaupt der Fall ist, so geschieht es gewiss nur an einigen Stellen, und zwar an solchen, welche wegen ihrer Lage einer Erneuerung des Wassers durch Strömungen weniger zugänglich sind. Denn eine sich über alle Tiefen des Marmara-Meeres erstreckende Periode der mangelnden Durchlüftung würde eine Tiefsee-Fauna im Marmara-Meer, wie sie thatsächlich im Frühjahr 1894 durch die »Taurus«-Expedition festgestellt worden ist, unmöglich machen.

werden, um später wenigstens theilweise wieder an die Oberfläche zu kommen.

Dass im Wasser des Marmara-Meeres in höherem Masse solche Schwimmkörperchen wirklich vorhanden sind, darauf wurde schon oben hingewiesen. Es sind dies die aus festen organischen Substanzen bestehenden weisslichen, durchscheinenden bis durchsichtigen Flöckchen.

Die im Marmara-Meere besonders reichlich vorhandenen organischen Schwimmkörperchen bringen es mit sich, dass die Durchsichtigkeit seines Wassers nur beiläufig halb so gross ist, als die mittlere Durchsichtigkeit des Wassers im östlichen Mittelmeere.

Wie die obere Karte der Tafel II zeigt, wechselte der Grad der Durchsichtigkeit des Wassers in den verschiedenen Theilen des Marmara-Meeres. Der Grund dafür dürfte folgender sein: Die kleinen Algen, um die es sich bei den organischen Schwimmkörperchen hauptsächlich handeln wird, sind im lebenden Zustande mehr oder weniger durchsichtig. Im todten Zustande sind sie mehr oder weniger undurchsichtig. Die oberste Wasserschicht, die auf die Durchsichtigkeit geprüft wurde, wird im Allgemeinen am wenigsten todte Algen enthalten. Denn in ihr findet unter dem Einflusse des Sonnenlichtes die zu vollständiger Lösung oder Vergasung führende Verwesung der organischen Stoffe am leichtesten statt und in ihr werden alle suspendirten organischen Stoffe am meisten von immer grösseren Thieren verpeist. Die durch absteigende Strömungen aus der obersten Wasserschicht in die finsternen Meerestiefen getragenen Algen sterben dort bald ab, wobei die durchsichtigen, gallertartigen Theile (Hüllen) ihrer Körperchen trübe werden. Dort, wo dann durch aufsteigende Strömungen Theile dieser todten Algen dem Wasser der obersten Meeresschicht beigemischt werden oder worden sind, muss die Durchsichtigkeit der obersten Meeresschicht geringer sein. —

Die lebhafte Bewegung, in der sich das Wasser im Marmara-Meere befindet, erschwert oder hindert also ein Zubodensinken der kleinen, freischwimmenden Organismen nach ihrem Absterben. Anstatt dass diese todten Organismen auf dem Grunde des Marmara-Meeres zur vollständigen Ablagerung

kommen, gelangen dieselben zum Theile durch den Oberstrom der Dardanellen in das Ägäische Meer, zum Theile durch den Unterstrom des Bosporus in das Schwarze Meer. In den Tiefen des Schwarzen Meeres werden sie durch ihre fortschreitende, dort auf Kosten des Sauerstoffes der schwefelsauren Salze erfolgende Oxydation zur Bildung von Schwefelwasserstoff beitragen. —

Aber nicht bloss diese organischen Schwimmkörperchen werden durch die lebhaftige Bewegung des Wassers im Marmara-Meere bis zu einem gewissen Grade daran gehindert, sich zu Boden zu setzen. Dasselbe muss auch der Fall sein bei den Schlamm- und Sandtheilchen, welche durch die kleinen, in das Marmara-Meer mündenden Flüsse und vielleicht auch, wenigstens zeitweise, wenn im Frühjahr in das Schwarze Meer, vor Allem durch die Donau, viel trübes Flusswasser gelangt, durch den Oberstrom des Bosporus in das Marmara-Meer gebracht werden.

Anorganische Schwimmkörperchen waren im Vergleiche zu den organischen nicht oder nur in verschwindend kleinen Mengen vorhanden. Die gallertartige Masse, welche sich auf dem rückwärtigen Musselinsack des Schwebenetzes nach  $\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{1}{2}$  Stunden langem Durchziehen durch Meeresschichten verschiedener Tiefen abgesetzt hatte, enthielt keine merkbaren Sand- oder Schlammtheilchen. Ebenso wenig waren solche Theilchen in den weisslichen Flöckchen zu bemerken, welche sich aus den an der Meeresoberfläche und in verschiedenen Meerestiefen geschöpften Wasserproben zu Boden setzten.

Dass keine oder so gut wie keine Sand- oder Schlammtheilchen im Wasser des Marmara-Meeres suspendirt sind, ist leicht erklärlich, wenn man die Klarheit des durch den Bosporus einfließenden Wassers in Betracht zieht und wenn man weiss, dass das durch die Dardanellen einfließende Wasser, nämlich das Tiefenwasser des Mittelmeeres, frei von suspendirten Gesteintheilchen ist.

Die zur Zeit der Regengüsse und der Schneeschmelze von den in das Marmara-Meer mündenden unbedeutenden Flüssen in dieses Meer getragenen geringen Mengen von festen Gesteintheilchen werden, sofern sie nicht der raschen Sedi-

mentirung an den Flussmündungen oder der Auflösung im Meerwasser unterliegen, früher oder später durch eine der beiden Meerengen aus dem Marmara-Meere weggeführt werden.

Wegen der raschen, vorwiegend horizontal verlaufenden, kreisenden Bewegung des Wassers im Marmara-Meere werden — besonders an den Rändern des Meeres — in Suspension gerathene Körpertheilchen, auch wenn dieselben specifisch viel schwerer sind als das Wasser, daran gehindert, sich zu Boden zu setzen. Der Anstoss, sich horizontal zu bewegen, welcher diesen Körpertheilchen von Seiten des Wassers zu Theil wird, hindert eben diese Körpertheilchen, der Schwerkraft Folge zu leisten und vertical nach abwärts zu sinken. Zeitweise könnte dieses Weggetragenwerden von suspendirten Körpertheilchen von besonderer Bedeutung werden. Manche Theile der unterseeischen Abhänge des Marmara-Meeres sind ungemein steil und bestehen dabei, wie alle diese Abhänge (von geringer Tiefe unter der Meeresoberfläche bis in die grössten Meerestiefen) aus ziemlich lockerem, lehmartigem Schlamm. Es könnten also die oberen Lagen dieses lehmartigen Schlammes, wenn irgendwie das Gleichgewicht gestört wird, lawinenartig hinabrutschen oder hinabstürzen und sich dabei mehr oder weniger fein vertheilen, so dass wenigstens Theile von ihnen in Suspension gerathen und vom Wasser weggeführt werden. Für andere Meere nimmt man an, dass etwas Derartiges am leichtesten in der Nähe von Fluss- und Strommündungen eintreten kann, wenn sich durch lange Zeit über einem steilen, unterseeischen Abhänge im Meere grosse Mengen von Schlamm, Sand und Gerölle abgelagert haben, die endlich mehr oder weniger schnell in die Tiefe gleiten. Ein solches Abbrechen und Hinabsinken von Theilen des Meeresgrundes kann leicht zu einer Vergrösserung der Flächenausdehnung des betreffenden Meeres führen, da sich der Vorgang in nächster Nähe der Küste abspielt und da sich die Küste an Fluss- und Strommündungen mit starker Sedimentbildung zugleich mit dem angrenzenden Meeresgrunde senken kann. Im Marmara-Meere ist etwas Derartiges nicht möglich. Denn an den Rändern dieses Meeres fehlen grössere locale Anhäufungen von Sedimentmassen über unterseeischen Abhängen. Auf die Annahme, dass beim

Abrutschen von Theilen des Meeresgrundes das angrenzende Festland erschüttert werde, gründete W. G. Forster eine Erdbebentheorie. —

In den seichten Randgebieten des Marmara-Meeres, besonders in dem südlichen Drittel dieses Meeres, sind auf dem Grunde viele Muschelschalen und sonstige geformte, zumeist aus kohlensaurem Kalk bestehende Harttheile von Organismen vorhanden.

In dem tiefen Gebiete des Marmara-Meeres wurden in und auf dem Meeresgrunde keine oder fast keine Muschelschalen oder sonstige geformte Harttheile von Organismen gefunden. Es dürfte dies durch zwei miteinander in Zusammenhange stehende Umstände zu erklären sein. Einerseits werden die mit Harttheilen ausgerüsteten Organismen oder deren losgelöste Harttheile selber rein mechanisch durch die vorwiegend horizontal verlaufende Bewegung des Wassers am Hinabsinken aus den oberen Meeresschichten in die grossen Meerestiefen gehindert. Andererseits finden eben wegen der langen Zeit, durch welche die abgestorbenen kleinen Organismen mit Meerwasser, und zwar mit immer neuem Meerwasser in Berührung sind, Lösungsvorgänge statt. Wesentlich erleichtert müssen diese Lösungsvorgänge dadurch werden, dass, wie oben berichtet wurde, viele Theile des Wassers im Marmara-Meer wenn auch nicht freie Kohlensäure, so doch grössere Mengen von Kohlensäure enthalten als das gewöhnliche Meerwasser. —

An den Tiefseeelothsen klebte oft der lehmartige Schlamm des Meeresgrundes derart, dass man sehen konnte, wie auf dem Meeresgrund zu oberst eine ein paar Millimeter dicke, helle, von Eisenoxydverbindungen gelblich bis ganz schwach röthlich gefärbte Lage von lockerem Schlamm ist. Darunter befindet sich, in unbekannter Mächtigkeit, ein etwas zäherer, dunklerer, bläulichgrauer Schlamm von derselben Farbe, welche vielen Thonarten und vielen neptunischen Gesteinen eigen ist. Jedenfalls ist diese Schlammschicht dicker als 70 *cm*, bis zu welcher Tiefe die schwere Lothvorrichtung eindrang. Es ist nicht wahrscheinlich, dass dieser Schlamm bis zu irgend einer bestimmbaren Tiefe unter der Berührungsfläche zwischen Meeresgrund und freibeweglichem Meerwasser reicht und dort mit scharfer

Trennungsfläche an ein festes Gestein grenzt. Bei dem Umstand, dass unter dem Einfluss von Wassercirculationen, mag es nun Circulation von atmosphärischem Sickerwasser oder capillares Eindringen von Meerwasser sein, sowohl abgelagerter Schlamm sich nach und nach in Gestein umändern kann, als auch in einer früheren Erdperiode entstandenes Gestein durch Auflösung beigemengter leichter löslicher Theile in seinem Zusammenhange gelockert, in mehr oder weniger compacten, thonartigen Zustand gebracht oder in Schlamm verwandelt werden kann, ist es wahrscheinlich, dass zwischen dem Schlamme des Meeresbodens und dem festen Gestein eine Zwischenschicht ist, die ihrer Consistenz nach einen ganz allmäligen Übergang von Schlamm zu Stein bildet.

Die Grundproben aller Stationen, unter welchen das Meer tiefer als 100 *m* war, waren in Farbe und Consistenz gleich. Sie fühlten sich, weil weder Muscheln mit Spitzen und Kanten, noch sonstige Harttheile von Organismen darin enthalten waren, zwischen den Fingern weich an.

Einer vollständigen chemischen Analyse wurde die Grundprobe, welche bei einer zwischen den Stationen 37 und 38, nahe bei letzterer Station, vorgenommenen Lothung aus 824 *m* Tiefe emporgeholt worden war, unterworfen.

Beim Schlämmen mit destillirtem Wasser blieb nur ein kleiner Schlämnrückstand. Derselbe bestand aus glimmerartigen Flitterchen.

Der feinste Theil des lehmartigen Schlammes wurde gewaschen, lufttrocken werden gelassen und dann analysirt.

100 Theile der lufttrockenen Grundprobe enthielten: 4·21 Theile Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ), 5·60 Theile bei 100° und 5·75 Theile erst beim Glühen im Kohlensäurestrom weggehendes Wasser (die Gewichtsabnahme beim Glühen im Kohlensäurestrom war etwas grösser als die Wasserabgabe, weil durch die trockene Destillation der in kleiner Menge vorhandenen organischen Substanzen theils leichtflüchtige, aldehyd- oder ketonartig riechende Körper, theils schwerflüchtige, leimartig riechende Körper entstanden, und zwar war sie gleich 5·89 Theilen; die Gewichtsabnahme beim nachträglichen Glühen im Sauerstoffstrom, bedingt durch die Oxydation von

Eisenoxydulverbindungen und durch die Verbrennung der kohligten Körper, die sich beim Glühen im Kohlensäurestrom aus den organischen Substanzen gebildet hatten, war gleich 0·82 Theilen), 44·53 sowohl in kochender Salzsäure (1:1 verdünnt), als auch in Sodalösung unlösliche Theile, 15·28 nach der Behandlung mit Salzsäure in Sodalösung lösliche und 30·27 nach der Behandlung mit Salzsäure in Sodalösung unlösliche Theile Kieselsäure, 5·48 in Salzsäure lösliche und 0·18 in Salzsäure unlösliche Theile Kalk, 0·68 in Salzsäure lösliche und 0·61 in Salzsäure unlösliche Theile Magnesia, 9·53 in Salzsäure lösliche und 10·92 in Salzsäure unlösliche Theile Thonerde, 3·48 in Salzsäure lösliche und 0·02 in Salzsäure unlösliche Theile Eisenoxyd (der grösste Theil des als Oxyd berechneten Eisens war jedoch in den Grundproben als Oxydul enthalten), 0·03 Theile in Salzsäure lösliches und 0·02 in Salzsäure unlösliches Manganoxydul, 1·46 Theile Kali und 2·41 Theile Natron.

Auf 100.000 Atome Silicium kommen: 12.630 Moleküle  $\text{CO}_2$ , 40.980 bei 100° und 42.127 erst beim Glühen weggehende Moleküle Wasser, 33.541 nach der Behandlung mit Salzsäure in Sodalösung lösliche und 66.459 nach der Behandlung mit Salzsäure in Sodalösung unlösliche Si-Atome, 12.913 in Salzsäure lösliche und 423 in Salzsäure unlösliche Ca-Atome, 2.257 in Salzsäure lösliche und 2.012 in Salzsäure unlösliche Mg-Atome, 24.580 in Salzsäure lösliche und 28.168 in Salzsäure unlösliche Al-Atome, 5.740 in Salzsäure lösliche und 36 in Salzsäure unlösliche Fe-Atome, 59 in Salzsäure lösliche und 30 in Salzsäure unlösliche Mn-Atome, 4.096 K-Atome und 10.244 Na-Atome.

Es ist also im Wesentlichen Thon. Beigemengt sind Doppelsilicate, besonders Natriumdoppelsilicate, Kieselsäure und kohlenaurer Kalk.

Von besonderem Interesse ist die geringe Menge der, vorwiegend als kohlenaurer Kalk vorhandenen Kohlensäure.

Es wurden noch drei andere durch Schlämmen gewonnene feinste Theile von verschiedenen Grundproben auf die in ihnen enthaltene Kohlensäure untersucht. Die vermischten feinsten Theile der Grundproben von den Stationen 23 und 24 enthielten

(gewaschen und lufttrocken) 2·97 % Kohlensäure. Der feinste Theil der Grundprobe von Station 29 (so wie in den früheren Fällen war die Grundprobe lehmartiger Schlamm) enthielt 4·73 %  $\text{CO}_2$ . Die vermischten feinsten Theile der Grundproben, welche auf den über seichtem Wasser gelegenen Stationen 40, 41, 43 und 44 genommen worden waren (in verschiedenem Grade kleine Muscheln enthaltender lehmartiger Schlamm), gaben 1·57 %  $\text{CO}_2$ .

Immer waren also nur ganz geringe Mengen von kohlen-saurem Kalk in jenen feinsten Theilen der Grundproben enthalten, von welchen es zweifelhaft ist, ob sie sich aus dem Meerwasser abgeschieden haben, sei es durch einfache Sedi-mentirung aus trübem Meerwasser, sei es durch chemische Fällung aus klarem Meerwasser, oder ob sie Reste sind von Gesteinen, die auf und in dem Meeresgrund zum Theil gelöst, zum Theil aufgeweicht worden sind.

Die salzsauren Auszüge der gewaschenen Grundproben enthielten keine Schwefelsäure. Es waren also basische Sulfate (von Eisenoxyd und Thonerde), die leicht bei der Oxydation von vorher gebildeten Schwefelmetallen entstehen, nicht vor-handen.

Keine von den Grundproben des Marmara-Meeres wies bei den unmittelbar nach ihrem Heraufkommen vorgenommenen Prüfungen einen Gehalt an Schwefelmetall auf.

In Folge reichlicher Ablagerung todter jodhaltiger Algen fand sich im östlichen Mittelmeer, besonders an der afrikanischen Küste im Westen von den Nilmündungen, der Meeresgrund jod-hältig. Mit den anderen durch die lebhafteste Horizontalbewegung des Wassers im Marmara-Meer erklärten Beobachtungen, welche darauf hindeuteten, dass sich Schwimmkörperchen im Marmara-Meer sehr schwer zu Boden setzen, stimmt überein, dass nur kaum merkbare Spuren von Jod in der zwischen den Stationen 37 und 38 bei einer Lothung aus 824 *m* Tiefe heraufgeholtten Grundprobe enthalten waren.

Die auf Station 29 aus 1356 *m*, der bis nun gefundenen grössten Tiefe des Marmara-Meeres, genommene Grundprobe wurde gleich nach ihrem Heraufkommen mit destillirtem Wasser geschlämmt. Das, was auf das Filter gekommen war, wurde

gewaschen, und dann bei zugedektem Trichter das Wasser ablaufen gelassen. Ein Theil des Filtrerrückstandes wurde lufttrocken werden gelassen, und nach der dabei eingetretenen Gewichtsabnahme alle bei der Analyse der feuchten Grundprobe erhaltenen Werthe auf 100 Theile lufttrockene Substanz bezogen. Zum Theil wegen des Gehaltes an oxydablen organischen Substanzen, zum Theil wegen des Gehaltes an Eisenoxydulverbindungen wurde von der Grundprobe aus einer Lösung von übermangansaurem Kalium Sauerstoff aufgenommen. Und zwar war der für die Sauerstoffaufnahme (in alkalischer Lösung) gefundene Betrag sehr gross, nämlich 0·800 Theile Sauerstoff auf 100 Theile lufttrockene Grundprobe. Ein so grosser Betrag der Sauerstoffaufnahme war nur an einer Stelle des östlichen Mittelmeeres gefunden worden, nämlich in 1005 *m* Tiefe unter der Station 216 der »Pola«-Expeditionen, vor dem Cap Carmel an der Küste von Palästina. An dem unterseeischen Abhang der Küste von Palästina und Syrien setzen sich aus den ungemein grossen Wassermassen, welche zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche aus Westen herankommen und gegen Norden umbiegen, besonders bedeutende Mengen von mitgeführten toden kleinen Pflanzen- und Thierkörpern zu Boden. Es ist jedoch ein wesentlicher Unterschied zwischen den organischen Substanzen, welche sich dort ablagern, und denjenigen organischen Substanzen, welche im Grundschlamm des Marmara-Meeres gefunden wurden. Während die Grundproben vor Palästina relativ viel Ammoniak fertig oder in ganz lose gebundener Form enthielten, gab der Schlamm aus der Tiefe des Marmara-Meeres beim Kochen mit Wasser und Magnesia nur wenig mehr als ein Zehntel der dort gefundenen Menge, nämlich auf 100 Theile lufttrockene Substanz nur 0·0006 Theile Ammoniak. Dagegen war hier und dort annähernd gleich gross die Menge desjenigen Ammoniak, welches sich erst beim Kochen der Grundproben mit einer alkalischen Lösung von übermangansaurem Kalium bildet. Der Schlamm aus dem Marmara-Meer gab 0·0471 Gewichtsprocente von solchem Ammoniak.

Es enthält also der Schlamm aus der Tiefe des Marmara-Meeres viel weniger Ammoniak in fertigem Zustande oder in lose gebundener Form als der Schlamm unter der Küste von

Palästina oder, wie ich noch hinzufügen kann, als der Schlamm im grössten Theil des östlichen Mittelmeeres. Es hängt dies mit den oben in dem Abschnitt über »organische Substanzen« beschriebenen Verhältnissen zusammen. Die Leichen der kleinen Pflanzen und Thiere sind im Marmara-See wegen der raschen vorwiegend horizontal verlaufenden Bewegung des Wassers, wenn sie überhaupt bis an den Meeresgrund gelangen, beim Eintreffen daselbst schon zumeist desjenigen Theiles der stickstoffhaltigen (eiweissartigen) organischen Substanzen beraubt, welcher am leichtesten Ammoniak abspaltet. —

Grösser als bei allen Grundproben des östlichen Mittelmeeres war bei dem Tiefenschlamm des Marmara-Sees die Menge des mechanisch zurückgehaltenen Wassers. Es kommt dies daher, dass der Schlamm des Marmara-Sees viel mehr den Charakter des Thones besitzt. Auf 100 Theile lufttrockene Substanz berechnet, wurden 142·42 Theile destillirtes Wasser zurückgehalten. Darunter ist, so wie bei den Grundproben-Analysen des östlichen Mittelmeeres, die Gewichtsabnahme zu verstehen, welche die Grundprobe nach der oben geschilderten Behandlung beim Liegen an der Luft (in einer Platinschale dünn ausgebreitet) erleidet. —

Der lehmartige Schlamm, welcher den Meeresboden bildet, ist im Marmara-See ebenso wie im östlichen Mittelmeer (und wie in den anderen Meeren) von Meerwasser durchtränkt und nicht etwa von atmosphärischem Sickerwasser oder von einem Wasser, das zwar aus dem Meere stammt, aber wegen langen Stagnirens durch Zersetzung oder Abscheidung ursprünglich in Lösung gehaltener Körper oder durch Auflösung neuer Körper seine Zusammensetzung wesentlich geändert hat.

Das mittelst des Belknap-Lothes auf den Stationen 1, 15, 29, 40, 41, 43 und 44 aus dem Meeresgrund emporgeholte Wasser besass vor Allem nie einen fauligen Geruch.

Um die Zusammensetzung des dem Belknap-Lothe entnommenen, durch Filtration bei zugedektem Trichter von den festen Grundtheilchen getrennten Wassers mit der Zusammensetzung des gewöhnlichen Meerwassers zu vergleichen, müssen die von dem Grade der Verdünnung unabhängigen, auf 100 Theile Chlor bezogenen, in der Tabelle V eingereihten Werthe in

Betracht gezogen werden. Die absoluten Salzgehalte sind deshalb nicht massgebend, weil beim Eindringen des Belknap-Lothes in den schlammigen Meeresgrund ein vollständiges Verdrängtwerden des im Lothrohr bereits enthaltenen Meerwassers nicht möglich ist.

Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers stimmt, was die Salze betrifft, mit der des gewöhnlichen Meerwassers überein. Das Verhältniss zwischen Chlor und Schwefelsäure, sowie das zwischen Chlor und dem beim Abrauchen mit Schwefelsäure erhaltenen Salzurückstand, endlich das Verhältniss zwischen Chlor und dem, aus dem specifischer Gewicht berechneten Gesamtsalz ist keinen grösseren Schwankungen unterworfen als bei gewöhnlichen Meerwasserproben.

Auch die durch das Überwiegen der ganz gebundenen Kohlensäure über die halbgebundene Kohlensäure bedingte alkalische Reaction des Meerwassers ist keinen grösseren Schwankungen im Grundwasser unterworfen. Mit Phenolphthaleïn gab die auf Station 40 mit dem Belknap-Lothe gewonnene Wasserprobe genau dieselbe Rothfärbung wie das Oberflächenwasser im östlichen Mittelmeer und im Ocean. Ein wenig stärker war die alkalische Reaction bei den Lothwässern der Stationen 29, 41, 43 und 44. Ein wenig schwächer war die alkalische Reaction bei den Lothwässern der Stationen 1 und 15. Ferner zeigten die Lothwässer auch in Bezug auf den Gehalt an salpetriger Säure keine auffallende Verschiedenheit von den gewöhnlichen, dem freibeweglichen Meerwasser entnommenen Wasserproben. Mit Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure gaben die Lothwässer der Stationen 1, 40, 43 und 44 nach einer Stunde eine ganz schwache Violettffärbung, das Lothwasser der Station 15 erst nach zwei Stunden ein ganz schwaches Blauviolett, die Lothwässer der Stationen 29 und 41 nach zwei Stunden nur eine Spur von Violettffärbung.

So wie im östlichen Mittelmeer fand sich hingegen auch im Marmara-Meer am meisten Ammoniak und am meisten gelöste organische Substanz in dem den Meeresgrund durchsetzenden Wasser. Es ergibt sich dies aus den in der Tabelle II angeführten Werthen. Die im Meeresgrund enthaltenen organischen Substanzen, sei es nun, dass dieselben schon seit Langem

beigemengt sind, oder dass sie sich erst vor Kurzem in Form von Pflanzen- und Thierleichen auf dem Schlamm abgelagert haben, lösen sich mit oder ohne Betheiligung von Mikroorganismen deshalb im Meeresgrund in grösserer Menge auf, weil dort einer relativ kleinen Menge von Meerwasser eine relativ grosse Menge von organischen Substanzen zur Lösung dargeboten wird. Das, was in Lösung gegangen ist, wird einer chemischen Änderung, vor Allem einer Oxydation leichter zugänglich sein, als das Ungelöste. Es werden also auch die im Grundwasser gelösten stickstoffhaltigen organischen Substanzen bei der Oxydation leichter Ammoniak bilden als die ungelösten.

Es ist nun ein Unterschied zwischen den im Grundwasser des Marmara-Meeres gelösten organischen Substanzen und denjenigen, welche in den meisten Lothwässern des östlichen Mittelmeeres vorhanden waren. Die Ammoniakmengen, welche im ersteren Grundwasser fertig enthalten waren, oder sich bei der Oxydation bildeten, waren gleich den im Grundwasser des östlichen Mittelmeeres beobachteten Minimalbeträgen. Die Sauerstoffmengen, welche von dem den Grund des Marmara-Meeres durchdringenden Wasser zur Oxydation der gelösten organischen Substanzen in Anspruch genommen wurden, waren gleich den im Grundwasser des östlichen Mittelmeeres beobachteten Maximalbeträgen. —

Die kreisende Bewegung des Wassers im Marmara-Meer verzögert und hindert eine Ablagerung von festen Körpern, wie kleinen Muschelschalen<sup>1</sup> oder Gesteinstheilchen auf dem Meeresgrunde.

Wegen der geringeren Menge von Ammoniak, die im Grundschlamm enthalten ist, kann im Marmara-Meer weniger

---

<sup>1</sup> Auch grössere Thierleichen können von Meeresströmungen derart getragen werden, dass ihre Weichtheile bei fortschreitender Verwesung sich abtrennen und ihre Harttheile zum Theil oder ganz in Lösung gehen. Ein in der Mitte des Marmara-Meeres mit dem Schwebenetz emporgeholter Herzigel (nach gütiger Mittheilung des Herrn Dr. E. v. Marenzeller *Brissopsis lyrifera*) von  $4\frac{1}{2}$  cm grösstem Durchmesser bestand, — weil er im todtten Zustande durch Strömungen fortgetragen und lange Zeit am Zubodensinken gehindert worden war, nur mehr aus einer papierdünnen Schale.

leicht als im östlichen Mittelmeer eine chemische Fällung von Mineralbestandtheilen aus dem klaren Meerwasser erfolgen.

Die Gegenwart einer etwas grösseren Menge von Kohlensäure muss zu Lösungserscheinungen im Marmara-Meer führen:

Wenn sich Meerwasser von gewöhnlicher alkalischer Reaction über dem Meeresgrunde befindet, und wenn in letzterem reichlichere Mengen von Ammoniak als von Kohlensäure entstehen, so dass kohlen-saures Ammonium ohne freie Kohlensäure, oder gar freies Ammoniak auftritt, dann muss bei dem durch Diffusion oder durch Capillarität bewirkten Eindringen von Meerwasser in den Meeresgrund eine chemische Fällung von im Meerwasser gelösten Mineralbestandtheilen vor sich gehen. Im Schlamm des Marmara-Meeres ist nur wenig Ammoniak enthalten, und es bildet sich bei der Oxydation der darin vorhandenen organischen Substanzen wenig Ammoniak. Wohl aber wird von diesen organischen Substanzen viel Sauerstoff aufgenommen, wobei unter Anderem auch Kohlensäure entsteht. Wenn nur ein kleiner Theil des bei der Oxydation der organischen Substanzen aufgenommenen Sauerstoffes nicht zur Bildung von Zwischenproducten der Oxydation, sondern bis zur Bildung von Kohlensäure führt, so kann im Schlamm des Marmara-Meeres keine chemische Fällung von Mineralbestandtheilen des Meerwassers stattfinden, sondern es muss durch die freie Kohlensäure Auflösung, natürlich zuerst solche von dem im Schlamm enthaltenen, feinvertheilten kohlen-sauren Kalk bewirkt werden. Es fehlt also im Marmara-Meer, mit Ausnahme jener Stellen, an welchen sich zufällig grössere Mengen von leicht oxydablen, stickstoffreichen, organischen Substanzen in Form von noch wenig verwesten (kleinen) Pflanzen- und Thierleichen ablagern, das eine Erforderniss einer chemischen Fällung, nämlich das allmähliche Auftreten von Ammoniak und kohlen-saurem Ammonium im Schlamm des Meeresgrundes. Aber auch das andere Erforderniss, nämlich die gewöhnliche alkalische Reaction des Meerwassers trifft nur in Ausnahmefällen zu, nämlich dort, wo durch relativ rasche absteigende Meeresströmungen frisches Wasser aus der obersten Meeres-schicht bis an den Grund gelangt. Zumeist ist wegen der kürzer

oder länger vorhanden gewesenen Abschliessung von der obersten Wasserschicht, beziehungsweise von der Atmosphäre so viel Kohlensäure bei der Oxydation der im Wasser schwebenden organischen Substanzen, seien diese belebt oder unbelebt, entstanden, dass die gewöhnliche alkalische Reaction des Meerwassers geschwächt ist oder gar in kohlen-saure Reaction umgeschlagen hat. Und solches Meerwasser wirkt eben nach Thoulet's Versuchen bedeutend besser lösend auf Gesteine, besonders wenn sie so fein vertheilt sind wie der lehmartige Schlamm auf dem Meeresgrund. Gelangt ein Meerwasser von verringerter oder fehlender alkalischer Reaction durch Diffusion oder durch capillares Eindringen in den Schlamm des Meeresgrundes, so kann selbst dort, wo sich freies Ammoniak oder kohlen-saures Ammonium ohne überschüssige Kohlensäure bei der Oxydation organischer Substanzen gebildet hat, keine Fällung eintreten, weil zunächst zur Neutralisation der überschüssigen Kohlensäure des Meerwassers Ammoniak oder kohlen-saures Ammonium verbraucht wird.

So wie im östlichen Mittelmeer (und in anderen Meeren) wird wahrscheinlich auch im Marmara-Meer ein capillares Eindringen von Meerwasser in den Meeresgrund dadurch veranlasst, dass Theile der Erdrinde aufsaugend wirken. In der Nähe des Marmara-Meeres fehlen ausgedehnte Bodenflächen (Theile der Festlands-oberfläche), welche nur so wenig atmosphärische Niederschläge empfangen, dass deshalb die darunter befindlichen Erdschichten aufsaugend wirken könnten. Es kann sich also hier hauptsächlich nur um die wasseraufsaugende Kraft von tief unter der Festlands-oberfläche gelegenen Massen- und Schiefergesteinen handeln. So lange in solchen, mehr oder weniger compacten Gesteinen freie Kieselsäure neben Carbonaten, Sulfaten und anderen Salzen, deren Säure durch Kieselsäure ausgetrieben werden kann, vorhanden ist, schreitet die Bildung von Silicaten vorwärts. Da in den meisten Fällen sowohl die Kieselsäure, als auch die durch sie zerlegbaren Salze wasserfrei sind, die entstehenden Silicate aber meistens ziemlich grosse Mengen von Wasser zu ihrer Bildung in Anspruch nehmen, chemisch binden, findet ein Verbrauch von vorhandenem Wasser und ein Aufgesaugtwerden von solchem

Wasser statt, das in geringer oder grosser Entfernung vorhanden ist, und dessen capillare Bewegung zu dem Ort des Wasserverbrauches dadurch ermöglicht wird, dass wasser-durchlässige Erdschichten dazwischen sind.

Wenn ein mit erhöhter lösender Kraft, d. h. mit verminderter alkalischer oder mit kohlen-saurer Reaction ausgestattetes Meerwasser in den Meeresgrund capillar eindringt, so werden zunächst diejenigen Theile des Meeresgrundes gelöst, welche am leichtesten löslich sind. Sobald diese Theile vollkommen gelöst sind, werden die schwerer löslichen in Angriff genommen. Kaum irgend ein Gesteinstheil wird der lange anhaltenden, lösenden Kraft eines solchen Meerwassers Widerstand leisten können. In dem Masse, als in der obersten Schicht des Meeresgrundes wegen des Vorwaltens von schwer löslichen Körpern dem capillar eindringenden Wasser die Möglichkeit benommen ist, seine lösende Kraft in dieser Schicht zur vollen Geltung zu bringen, wird erst weiter im Innern des Schlammes oder Gesteines Lösung, und zwar zuerst wieder von den am leichtesten löslichen Körpern vor sich gehen. Es kann dies eventuell zur Bildung von Hohlräumen und zum Tiefsinken der obersten Lage des Meeresgrundes führen. Wenn etwas Derartiges im Marmara-Meer geschehen würde, dann könnte der beim Tiefsinken (Einstürzen) aufgewühlte Schlamm wegen der raschen Bewegung des Wassers im Marmara-Meer in Suspension bleiben, fortgeführt werden, dabei eine Trübung des Wassers verursachend, um früher oder später durch eine der beiden Meerengen das Becken des Marmara-Meeres noch in suspendirter oder bereits in gelöster Form zu verlassen. Bei sehr steilen unterseeischen Abhängen kann eine vorhergegangene theilweise Lösung noch auf eine andere Art ein Tiefsinken von Schlamm und ein Trübewerden des Wassers bewirken. Die von der Berührungsfläche von Meeresgrund und freibeweglichem Wasser ausgehenden Lösungserscheinungen werden dort am raschesten vor sich gehen, wo das Wasser freie Kohlensäure enthält. In den grössten Tiefen des Meeres kann es am leichtesten zum Auftreten von freier Kohlensäure kommen, wie sich denn auch die Stelle, an der auf Station 38 der »Taurus«-Expedition freie Kohlensäure nachgewiesen wurde, 1056 *m*

unter der Meeresoberfläche befand. Wenn eine Zeit lang in dem unteren Theil eines steilen unterseeischen Abhanges Lösungserscheinungen in reichlicherem Masse stattgefunden haben als in dem oberen Theil dieses Abhanges, dann kann es geschehen, dass der obere Theil, da er nicht mehr gestützt wird, hinabgleitet oder hinabstürzt. Auch in diesem Fall wird all Das, was an feinen Schlammtheilchen aufgewühlt wurde, lange im Wasser des Marmara-Meeres schwebend bleiben, und früher oder später in suspendirter oder bereits gelöster Form durch die Meeresströmungen in das Schwarze Meer oder in das Mittelmeer und in den Ocean übertragen werden. Derartige Abstürze können einerseits wegen des Weggeführtwerdens des aufgewühlten Schlammes eine Raumvermehrung des Marmara-Meeres veranlassen, anderseits dadurch, dass sich an den frischen Bruchflächen höchstwahrscheinlich die lösende Kraft des Meerwassers leichter bethätigen kann. Letzteres deshalb, weil grössere Mengen von relativ leicht löslichen Körpern, vor Allem von kohlen-saurem Kalk dort zu erwarten sind, wo bisher die lösende Kraft des in den Meeresgrund capillar eindringenden Wassers durch die in der obersten Decke des Meeresgrundes vor sich gehenden, zu theilweiser Sättigung führenden Lösungserscheinungen verringert war. Es ist also möglich, dass ganz langsam, im Laufe vieler Jahrtausende eine Vertiefung des Marmara-Meeres, und durch ganz allmähliches Abbröckeln der Küsten eine Flächenerweiterung des Marmara-Meeres zu Stande kommen wird.

---

Die geschilderten Verhältnisse des Marmara-Meeres (vor Allem die vorwiegend horizontal, und zwar entgegen dem Sinne des Zeigers einer Uhr verlaufende, kreisende, wirbelartige Bewegung des gesammten, zwischen Meeresoberfläche und Meeresgrund befindlichen Wassers) hängen in erster Linie damit zusammen, dass die grossen, in das Schwarze Meer gelangenden Massen von Süsswasser durch das Marmara-Meer hindurch in das Ägäische Meer fliessen, und damit, dass dem Marmara-Meer wegen seiner Lage zwischen zwei Meeren mit verschieden salzigen Wassermassen eine Ausnahmstellung

zukommt. Weil das schwere auf dem 50 *m* tiefen Grunde des Bosphorus vorhandene Wasser in das über 2600 *m* tiefe, leichte Wasser des Schwarzen Meeres hinabsinkt, strömt nämlich immerfort neues Wasser aus dem Mittelmeer, beziehungsweise aus dem Ocean als Unterstrom durch die 50 *m* tiefe Dardanellenstrasse, durch das über 1300 *m* tiefe Marmara-Meer und durch den Bosphorus in das Schwarze Meer ein.

Schon in meiner III. Abhandlung und noch bestimmter in dem Schlussbericht über meine chemischen Untersuchungen im östlichen Mittelmeer hatte ich hervorgehoben, dass aus rein chemischen Gründen im Mittelmeer eine Bewegung des gesammten Wassers wahrscheinlich ist, und dass eine der Begleiterscheinungen dieser Gesamtbewegung die schon längst bekannte kreisförmige Oberflächenbewegung ist, welche an der afrikanischen Küste von Westen nach Osten, an der europäischen Küste von Osten nach Westen verläuft.

Die eigenthümlichen Verhältnisse des Marmara-Meeres haben es gestattet, die chemischen und die physikalischen Untersuchungsmethoden ganz unabhängig von einander zur Anwendung zu bringen. Beide Untersuchungsarten führten zu dem gleichen Ergebniss, welches eben in dem Nachweis einer kreisenden Wasserbewegung und in der Möglichkeit, Erscheinungen des Wassers und des Grundes durch die kreisende Wasserbewegung zu erklären, Ausdruck findet.

Es ist zu erwarten, dass nicht nur in anderen kleinen Meeren und in Binnenseen, sondern auch im Ocean Wirkungen von analogen kreisenden Bewegungen der gesammten Wassermassen vorhanden sind. —

Was das Marmara-Meer betrifft, so sei noch auf eine praktische Seite der Sache hingewiesen.

Die für den Menschen in Betracht kommenden Meeresthiere nähren sich direct oder durch Vermittlung von mittelgrossen Thieren von kleinen freischwimmenden Meerespflanzen und Meeresthieren. Durch die lebhafte kreisende Bewegung, in welcher sich das gesammte Wasser des Marmara-Meeres befindet, werden diese kleinen Meeresbewohner nach ihrem Absterben daran gehindert, zu Boden zu sinken und so dem Verspeistwerden durch die grösseren Thiere zu entgehen. Dies

mag dazu beitragen, dass das Marmara-Meer im Stande ist, für Constantinopel reichlich Fische und andere essbare Meeres-thiere zu liefern.

## I n h a l t.

	Seite
Über die Stellung des Marmara-Meeres anderen Meeren gegenüber. . . . .	406
Vorbereitungen zur Fahrt . . . . .	453
Angewandte Apparate und Untersuchungsmethoden . . . . .	459
Specificisches Gewicht (Salzgehalt) der Wasserproben . . . . .	483
Seetemperaturen . . . . .	516
Sauerstoff . . . . .	525
Organische Substanzen . . . . .	540
Weitere Beziehungen zur Wasserbewegung im Marmara-Meer . . . . .	548

## Verzeichniss der Tabellen und Tafeln.

Tabelle	I a—d. Charakteristik der Beobachtungsstellen. Temperatur und spezifisches Gewicht des Meerwassers.
»	II. Gehalt des Meerwassers an Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak etc.
»	III. Originalzahlen der Gasanalysen des Meerwassers.
»	IV. Originalzahlen der Mineralbestandtheile des Meerwassers.
»	V. Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf: Chlor = 100.
»	VI/1. Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf: Abdampfungsrückstand (bei 175° C.) = 100.
»	VI/2. Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf: »aus spec. Gew. (nach Aräometerangabe) berechnetes Gesamtsalz« = 100.
Tafel	I. Seekarte des Marmara-Meeres mit den Beobachtungsstationen S. M. Schiffes »Taurus«.
»	II. Zwei Seekarten. Die obere mit Angaben über die Durchsichtigkeit der obersten Wasserschicht, die untere mit Angabe der Tiefenverhältnisse des Marmara-Meeres.
»	III. Längsschnitt des Schiffes.
»	IV. Grundriss des Schiffes. Installirungen auf Deck.

- Tafel V. Dampfwinde mit eiserner Spule für 3000 *m* Drahtseil von 4·5 *mm* Durchmesser.
- » VI. Versenkbare Scheibe. Schwebenetz. Grundnetz. »Deutsche Flasche«. Belknap-Loth. Hermann'sche Lothvorrichtung.
  - » VII. Tiefseethermometer von Negretti und Zambra. Meyer'scher Schöpfapparat. Sigsbee'scher Schöpfapparat. Plan des Schiffslaboratoriums.
  - » VIII. An Bord benützte chemische Apparate und Geräthschaften.
  - » IX. Chemische Apparate und Geräthschaften, welche bei den Untersuchungen in Wien verwendet worden sind.
-

Tabelle I a.

Nummer der Station	Datum	Position: $\lambda$ = östliche Länge von Greenwich; $\varphi$ = Nordbreite	Meeresfläche in Metern	Schichttiefe in Metern, B. = knapp über Boden		Seesentemperatur / in Celsius- graden		Spezifisches Gewicht und Salzgehalt des Seewassers					T = Lufttemperatur, Ba. = Barometer- stand
				0	500	0	500	Arao- meter- Angabe	Zuge- hörige Tem- peratur	$\frac{t}{17.5}$ $\frac{t}{17.5}$	$\frac{t}{4}$ beim gewöhn- lichen Atmo- sphären- druck	$\frac{t}{10}$ beim Druck in der Tiefe	
1	23. Mai 1894 8 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> bis 11 <sup>h</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 53' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 52' 10''$	1000	0	14.0	1.0164	10.8	1.0103	1.0157	1.0166	1.0166	2.14	T = 25.2° C Ba. = 701.0 mm
				500	14.2	1.0292	17.5	1.0292	1.0286	1.0311	3.83		
2	23. Mai 1 <sup>h</sup> bis 2 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 29^{\circ} 4' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 45' 23''$	1250	0	15.0	1.0159	17.6	1.0159	1.0152	1.015	1.015	2.08	T = 24.0 Ba. = 701.2
				500	14.5	1.0295	17.6	1.0295	1.0289	1.0311	3.86		
				1000	14.2	1.0290	18.4	1.0292	1.0286	1.0311	3.83		
3	23. Mai 5 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 29^{\circ} 13' 30''$ $\varphi = 40^{\circ} 45' 0''$	774	0	17.1	1.0161	21.0	1.0109	1.0157	1.0166	2.21	T = 28.2 Ba. = 700.4	
				500	17.7	1.0289	18.8	1.0295	1.0279	1.0311	3.83		
4	23. Mai 6 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 29^{\circ} 14' 32''$ $\varphi = 40^{\circ} 40' 50''$	328	0	17.1	1.0169	19.0	1.0173	1.0161	1.0166	2.27	T = 27.2 Ba. = 700.1	
				500	15.0	1.0290	17.5	1.0290	1.0283	1.0311	3.80		
5	23. Mai 7 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 29^{\circ} 11' 25''$ $\varphi = 40^{\circ} 40' 12''$	78	0	17.2	1.0167	19.4	1.0170	1.0158	1.0166	2.23	T = 27.2 Ba. = 700.1	
				500	13.9	1.0291	17.8	1.0292	1.0287	1.0311	3.83		
6	24. Mai 7 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 29^{\circ} 3' 15''$ $\varphi = 40^{\circ} 51' 15''$	90	0	15.0	1.0162	17.6	1.0162	1.0155	1.0166	2.12	T = 24.0 Ba. = 701.5	
				500	13.9	1.0291	17.1	1.0290	1.0285	1.0309	3.80		
7	24. Mai 8 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 54' 15''$ $\varphi = 40^{\circ} 55' 30''$	600	0	17.6	1.0165	18.3	1.0166	1.0153	1.015	2.17	T = 24.2 Ba. = 702.0	
				5	17.6	1.0165	18.3	1.0166	1.0153	1.015	2.17		
				10	16.5	1.0173	17.8	1.0173	1.0162	1.0166	2.27		
8	24. Mai 9 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 51' 20''$ $\varphi = 40^{\circ} 56' 0''$	40	0	17.6	1.0164	18.6	1.0166	1.0153	1.015	2.17	T = 28.1 Ba. = 701.9	
				5	17.6	1.0164	18.0	1.0172	1.0159	1.0166	2.25		
				10	16.4	1.0174	17.2	1.0174	1.0164	1.0166	2.28		
9	24. Mai 12 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> bis 2 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 50' 38''$ $\varphi = 40^{\circ} 47' 55''$	1225	0	12.6	1.0164	15.3	1.0166	1.0158	1.0166	2.10	T = 23.9 Ba. = 701.5	
				5	13.8	1.0167	15.0	1.0163	1.0158	1.0166	2.14		
				10	13.4	1.0174	15.8	1.0171	1.0167	1.017	2.24		
				20	17.1	1.0230	14.9	1.0231	1.0219	1.022	3.03		
				30	14.3	1.0197	15.3	1.0193	1.0187	1.019	2.53		
				40	14.2	1.0293	16.4	1.0290	1.0284	1.028	3.80		
				50	13.7	1.0172	16.0	1.0170	1.0165	1.017	2.23		
				60	14.1	1.0166	17.0	1.0165	1.0160	1.016	2.16		
				70	14.5	1.0193	15.9	1.0190	1.0184	1.018	2.49		
				80	14.2	1.0169	15.9	1.0166	1.0160	1.016	2.17		
10	24. Mai 6 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 41' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 38' 12''$	380	0	16.8	1.0164	18.6	1.0167	1.0156	1.016	2.19	T = 23.1 Ba. = 701.1	
				5	13.4	1.0164	14.7	1.0166	1.0150	1.016	2.10		
				10	11.9	1.0173	13.5	1.0167	1.0160	1.017	2.19		
11	24. Mai 7 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 36' 40''$ $\varphi = 40^{\circ} 34' 50''$	242	0	19.0	1.0163	19.5	1.0166	1.0149	1.015	2.17	T = 21.5 Ba. = 701.0	
				5	18.7	1.0164	19.2	1.0167	1.0151	1.015	2.19		
				10	15.5	1.0173	17.0	1.0172	1.0164	1.016	2.25		
12	25. Mai 6 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 33' 15''$ $\varphi = 40^{\circ} 30' 0''$	164	0	16.1	1.0163	17.4	1.0163	1.0153	1.015	2.14	T = 23.3 Ba. = 703.0	
				5	17.2	1.0166	17.8	1.0166	1.0154	1.015	2.17		
				10	15.4	1.0175	17.3	1.0175	1.0167	1.017	2.29		
				50	15.0	1.0292	17.4	1.0292	1.0285	1.029	3.83		



Tabelle I b.

Nummer der Station	Datum	Position: $\lambda$ = östliche Länge von Greenwich, $\varphi$ = Nordbreite	Messhöhe in Metern	Schichttiefe in Metern, B. = 2 Boden	Stemp- temperatur $t$	Spezifisches Gewicht und Salzgehalt des Seewassers						$T$ = Lufttemperatur, $Ba$ = Barometer- stand
						Äro- meter- Angabe	Zuge- hörige Tem- peratur	$\sigma_{17.5^{\circ}}$ $\sigma_{17.5^{\circ}}$	$\sigma_{17.5^{\circ}}$ $\sigma_{17.5^{\circ}}$	$\sigma_{17.5^{\circ}}$ $\sigma_{17.5^{\circ}}$	$\sigma_{17.5^{\circ}}$ $\sigma_{17.5^{\circ}}$	
13	25. Mai 7 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> bis 8 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 33' 30''$ $\varphi = 40^{\circ} 40' 20''$	400	0	15.0	1.0161	19.5	1.0165	1.0149	1.015	2.10	$T = 24.7^{\circ} C$ $Ba. = 702.5 \text{ mm}$
				5	18.0	1.0170	18.5	1.0172	1.0158	1.016	2.25	
				10	19.0	1.0175	18.7	1.0178	1.0160	1.017	2.33	
				50	14.0	1.0288	17.3	1.0288	1.0281	1.028	3.77	
				100	15.0	1.0180	17.2	1.0180	1.0173	1.018	2.30	
				200	13.0	1.0173	17.1	1.0172	1.0160	1.018	2.25	
14	25. Mai 9 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 31' 30''$ $\varphi = 40^{\circ} 45' 25''$	400	0	10.4	1.0162	20.0	1.0166	1.0148	1.015	2.17	$T = 22.3$ $Ba. = 702.4$
				5	18.3	1.0169	18.8	1.0171	1.0150	1.016	2.24	
				10	15.8	1.0172	17.7	1.0172	1.0163	1.016	2.25	
15	25. Mai 12 <sup>h</sup> Mittags	$\lambda = 28^{\circ} 25' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 50' 42''$	775	0	20.5	1.0167	20.1	1.0171	1.0151	1.015	2.24	$T = 23.0$ $Ba. = 702.1$
				5	20.0	1.0167	19.5	1.0170	1.0151	1.015	2.23	
				10	18.2	1.0171	18.0	1.0173	1.0158	1.016	2.27	
16	25. Mai 1 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 20' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 50' 18''$	230	0	10.5	1.0164	19.5	1.0167	1.0140	1.015	2.19	$T = 24.0$ $Ba. = 702.1$
				5	18.0	1.0170	16.7	1.0169	1.0155	1.016	2.21	
				10	10.0	1.0190	17.8	1.0190	1.0181	1.018	2.49	
				50	15.0	1.0230	18.0	1.0240	1.0233	1.023	3.14	
				100	14.7	1.0201	18.2	1.0203	1.0200	1.020	3.84	
17	25. Mai 4 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 22' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 57' 0''$	110	0	21.4	1.0162	20.2	1.0167	1.0144	1.014	2.19	$T = 25.7$ $Ba. = 702.2$
				5	19.0	1.0167	18.0	1.0169	1.0151	1.015	2.21	
				10	10.5	1.0192	17.0	1.0191	1.0180	1.018	2.50	
18	25. Mai 4 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 21' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 57' 45''$	70	0	21.7	1.0162	20.3	1.0167	1.0144	1.014	2.19	$T = 25.2$ $Ba. = 702.2$
				5	19.0	1.0167	19.2	1.0170	1.0151	1.015	2.23	
				10	17.8	1.0191	16.9	1.0190	1.0179	1.018	2.40	
19	25. Mai 5 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 20' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 50' 30''$	60	0	21.8	1.0163	20.0	1.0169	1.0145	1.015	2.21	$T = 23.2$ $Ba. = 702.2$
				5	20.5	1.0170	10.7	1.0174	1.0154	1.015	2.28	
				10	17.8	1.0193	10.7	1.0192	1.0178	1.018	2.52	
20	25. Mai 5 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> p. m.	$\lambda = 28^{\circ} 16' 40''$ $\varphi = 41^{\circ} 2' 0''$	55	0	21.0	1.0165	20.6	1.0171	1.0147	1.015	2.24	$T = 22.7$ $Ba. = 702.0$
				5	20.0	1.0170	19.9	1.0174	1.0155	1.016	2.28	
				10	17.8	1.0181	17.5	1.0184	1.0170	1.017	2.41	
21	20. Mai 6 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 12' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 50' 45''$	50	0	19.5	1.0160	18.5	1.0171	1.0152	1.015	2.24	$T = 21.9$ $Ba. = 702.2$
				5	19.4	1.0160	18.3	1.0170	1.0152	1.015	2.23	
				10	17.2	1.0185	10.7	1.0181	1.0172	1.017	2.41	
22	20. Mai 7 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> bis 8 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 11' 30''$ $\varphi = 40^{\circ} 56' 40''$	249	0	10.0	1.0168	17.4	1.0168	1.0151	1.015	2.20	$T = 21.0$ $Ba. = 702.2$
				5	18.8	1.0168	17.3	1.0168	1.0152	1.015	2.20	
				10	10.5	1.0182	15.0	1.0179	1.0168	1.017	2.34	
				50	15.0	1.0202	10.7	1.0200	1.0203	1.020	3.80	
				100	14.0	1.0204	17.1	1.0203	1.0208	1.020	3.81	
				200	13.8	1.0204	17.3	1.0204	1.0209	1.020	3.54	
23	20. Mai 6 <sup>h</sup> bis 9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 10' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 50' 15''$	1090	0	19.4	1.0160	19.1	1.0172	1.0151	1.015	2.25	$T = 22.8$ $Ba. = 702.0$
				5	19.2	1.0172	18.2	1.0173	1.0150	1.016	2.27	
				10	18.8	1.0170	18.1	1.0171	1.0155	1.016	2.28	
24	20. Mai 11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> a. m.	$\lambda = 28^{\circ} 8' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 46' 30''$	835	0	19.5	1.0169	18.9	1.0171	1.0153	1.015	2.24	$T = 24.3$ $Ba. = 702.5$
				5	19.2	1.0171	18.9	1.0173	1.0150	1.016	2.27	
				10	17.1	1.0176	16.9	1.0175	1.0163	1.016	2.29	



Tabelle I c.

Station	Datum	Position: λ = östliche Länge v. m. Greenwich, φ = Nordbreite	Höhe in Metern	Schicht- tiefe in Metern	Sens- temperatur	Spezifisches Gewicht und Salzgehalt des Seewassers						T = Lufttemperatur; Ba. = Barometer- stand
						Aräo- meter- Angabe	Zuge- hörige Tem- peratur	S <sub>17.5°</sub>	S <sub>4°</sub>	S <sub>4°</sub> t <sub>4°</sub>	Salz- gehalt in Pro- zenten	
25	26. Mai 1 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> p. m.	λ = 28° 0' 50" φ = 40° 43' 15"	550	0	20.4	1.0166	19.6	1.0172	1.0152	1.015	2.25	T = 25.5° C. Ba. = 750.0 mm
				5	20.0	1.0170	19.4	1.0173	1.0154	1.015	2.27	
				10	18.0	1.0183	17.4	1.0183	1.0160	1.017	2.40	
				50	14.2	1.0171	18.7	1.0172	1.0166	1.017	2.25	
				100	15.0	1.0170	18.7	1.0172	1.0165	1.017	2.25	
				200	15.2	1.0173	17.0	1.0174	1.0166	1.018	2.28	
				500	14.2	1.0178	17.3	1.0178	1.0171	1.020	2.33	
26	26. Mai 5 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> p. m.	λ = 28° 4' 15" φ = 40° 35' 30"	60	0	20.0	1.0160	20.4	1.0165	1.0144	1.014	2.10	T = 28.6 Ba. = 754.0
				5	18.8	1.0160	19.5	1.0172	1.0159	1.016	2.25	
				10	17.5	1.0173	18.0	1.0175	1.0162	1.016	2.20	
27 a	26. Mai 6 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> p. m.	λ = 28° 3' 15" φ = 40° 29' 45"	40	0	21.0	1.0164	19.0	1.0168	1.0147	1.015	2.20	T = 24.5 Ba. = 754.1
				5	17.2	1.0185	17.5	1.0183	1.0171	1.017	2.40	
				10	14.0	1.0197	16.3	1.0195	1.0180	1.019	2.55	
				50 B.	14.0	1.0209	18.0	1.0209	1.0208	1.020	3.83	
28 a	26. Mai 7 <sup>h</sup> p. m.	λ = 27° 59' 30" φ = 40° 23' 30"	50	0	21.5	1.0175	21.0	1.0182	1.0150	1.016	2.38	T = 22.1 Ba. = 734.6
				5	21.4	1.0170	20.8	1.0182	1.0150	1.016	2.38	
				10	15.8	1.0194	18.0	1.0195	1.0180	1.019	2.55	
				50 B.	14.8	1.0205	18.0	1.0208	1.0206	1.020	3.75	
28 b	27. Mai 0 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> a. m.	λ = 27° 50' 30" φ = 40° 23' 30"	50	0	21.5	1.0176	20.3	1.0181	1.0158	1.016	2.37	T = 18.5 Ba. = 752.5
				5	10.4	1.0190	18.2	1.0192	1.0180	1.018	2.52	
				10	11.2	1.0199	16.3	1.0197	1.0191	1.019	2.58	
				50 B.	14.8	1.0259	21.1	1.0207	1.0200	1.020	3.50	
27 b	27. Mai 10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> a. m.	λ = 28° 3' 15" φ = 40° 29' 15"	49	0	18.5	1.0173	20.3	1.0177	1.0162	1.016	2.32	T = 26.6 Ba. = 751.2
				5	15.0	1.0187	18.3	1.0189	1.0182	1.018	2.48	
				10	13.1	1.0197	16.3	1.0195	1.0192	1.019	2.55	
				40 B.	21.0	1.0189	21.0	1.0190	1.0175	1.018	2.57	
29	27. Mai 1 <sup>h</sup> p. m.	λ = 27° 58' 0" φ = 40° 40' 0"	1356	0	20.0	1.0165	20.1	1.0169	1.0150	1.015	2.21	T = 20.0 Ba. = 751.2
				5	19.5	1.0167	19.5	1.0170	1.0152	1.015	2.23	
				10	17.2	1.0180	16.8	1.0185	1.0173	1.017	2.42	
				50	15.2	1.0192	20.0	1.0195	1.0180	1.019	2.20	
				100	14.1	1.0243	19.3	1.0247	1.0242	1.024	3.24	
				1000	14.1	1.0190	19.4	1.0194	1.0189	1.024	2.54	
30	27. Mai 4 <sup>h</sup> p. m.	λ = 27° 40' 30" φ = 40° 55' 15"	—	0	20.0	1.0169	20.7	1.0175	1.0154	1.015	2.20	T = 23.0 Ba. = 751.0
				5	20.5	1.0170	20.8	1.0176	1.0150	1.016	2.31	
				10	10.8	1.0171	19.0	1.0179	1.0157	1.016	2.31	
				50	15.1	1.0294	20.7	1.0292	1.0285	1.020	3.83	
				500	14.2	1.0285	20.7	1.0293	1.0287	1.031	3.84	
31	27. Mai 5 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> p. m.	λ = 27° 30' 30" φ = 40° 50' 30"	55	0	20.8	1.0165	20.3	1.0170	1.0149	1.015	2.23	T = 22.7 Ba. = 751.5
				5	20.0	1.0165	20.6	1.0171	1.0150	1.015	2.24	
				10	20.0	1.0169	19.3	1.0172	1.0153	1.015	2.25	
32	28. Mai 8 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> a. m.	λ = 27° 36' 50" φ = 40° 48' 36"	1090	0	10.2	1.0166	19.0	1.0170	1.0153	1.015	2.23	T = 21.7 Ba. = 755.8
				5	10.0	1.0165	20.4	1.0170	1.0153	1.015	2.23	
				10	10.0	1.0170	19.1	1.0173	1.0150	1.019	2.27	
				50	14.0	1.0284	20.4	1.0291	1.0280	1.029	3.81	
				250	15.1	1.0167	20.1	1.0171	1.0164	1.017	2.24	
				500	14.2	1.0180	20.4	1.0185	1.0170	1.020	2.42	
				750	14.3	1.0287	20.7	1.0293	1.0287	1.033	3.84	
				1000	14.3	1.0167	20.4	1.0172	1.0166	1.022	2.25	



Tabelle I d.

Station	Datum	Position $\lambda$ = östliche Länge von Greenwich; $\varphi$ = Nordbreite	Meters- tiefe	Schwebefeder n. = Brägen	Seesau- p. $z$	Spezifisches Gewicht und Salzgehalt des Seewassers						$T$ = Lufttemperatur, Ba. = Barometer- stand	
						Ärö- meter Angabe	Zuge- hörige Temp.	$N$ 17° 5'	$S$ 1°	$T$ 28°	Salz- gehalt		
33	28. Mai 3 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 27^{\circ} 30' 15''$ $\varphi = 40^{\circ} 43' 30''$	100	500	0	21.0	1'0160	20.5	1'0175	1'0154	1'015	2.29	$T = 24.5^{\circ} C.$ Ba. = 754.9 mm
					5	20.4	1'0109	20.9	1'0170	1'0150	1'016	2.31	
					10	10.4	1'0175	18.8	1'0178	1'0160	1'016	2.33	
					50	15.0	1'0282	20.9	1'0209	1'028	1'038	3.80	
					500	14.0	1'0281	21.0	1'0280	1'028	1'031	3.79	
34	28. Mai 3'45" p. m.	$\lambda = 27^{\circ} 42' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 40' 40''$	87	50	0	20.4	1'0197	22.3	1'0176	1'0159	1'016	2.34	$T = 28.5$ Ba. = 755.1
					5	20.2	1'0167	22.1	1'0175	1'0155	1'016	2.29	
					10	10.8	1'0170	21.9	1'0178	1'0159	1'016	2.33	
					50	14.9	1'0283	21.0	1'0203	1'0280	1'029	3.81	
					500	14.9	1'0283	21.0	1'0203	1'0280	1'029	3.81	
35	28. Mai 4 <sup>h</sup> 50" p. m.	$\lambda = 27^{\circ} 44' 8''$ $\varphi = 40^{\circ} 34' 30''$	62	50	0	19.9	1'0175	20.7	1'0181	1'0162	1'016	2.37	$T = 23.7$ Ba. = 750.2
					5	19.7	1'0179	19.9	1'0184	1'0166	1'017	2.41	
					10	10.5	1'0180	19.2	1'0183	1'0165	1'017	2.40	
					50	13.3	1'0192	19.7	1'0160	1'019	1'019	2.57	
					500	13.3	1'0192	19.7	1'0160	1'019	1'019	2.57	
36	20. Mai 0 <sup>h</sup> 50" a. m.	$\lambda = 27^{\circ} 33' 40''$ $\varphi = 40^{\circ} 33' 30''$	100	50	0	19.4	1'0175	18.9	1'0178	1'0160	1'016	2.33	$T = 25.3$ Ba. = 761.4
					5	17.2	1'0185	18.0	1'0180	1'0174	1'017	2.41	
					10	14.8	1'0194	10.8	1'0193	1'0186	1'019	2.53	
					50	14.1	1'0281	17.4	1'0281	1'0270	1'028	3.68	
					500	14.1	1'0281	17.4	1'0281	1'0270	1'028	3.68	
37	29. Mai 1 <sup>h</sup> 8" a. m.	$\lambda = 27^{\circ} 21' 20''$ $\varphi = 40^{\circ} 42' 8''$	500	500	0	19.0	1'0175	20.0	1'0180	1'0163	1'016	2.30	$T = 25.3$ Ba. = 761.4
					5	18.8	1'0174	21.1	1'0181	1'0165	1'017	2.37	
					10	18.0	1'0181	19.2	1'0184	1'0170	1'017	2.41	
					50	15.0	1'0280	19.5	1'0204	1'0287	1'029	3.85	
					500	14.3	1'0288	20.5	1'0295	1'0289	1'031	3.80	
38	29. Mai 12 <sup>h</sup> 45" p. m.	$\lambda = 27^{\circ} 27' 10''$ $\varphi = 40^{\circ} 47' 30''$	1030	500	0	19.8	1'0176	20.5	1'0185	1'0169	1'017	2.42	$T = 25.6$ Ba. = 760.7
					5	19.5	1'0179	22.0	1'0188	1'0177	1'018	2.49	
					10	14.8	1'0190	10.2	1'0191	1'0187	1'016	2.51	
					50	13.8	1'0281	20.5	1'0291	1'0286	1'029	3.81	
					500	13.4	1'0287	20.2	1'0293	1'0289	1'030	3.84	
39	29. Mai 6 <sup>h</sup> 20" p. m.	$\lambda = 27^{\circ} 26' 53''$ $\varphi = 40^{\circ} 30' 29''$	80	50	0	20.9	1'0171	18.4	1'0170	1'0157	1'016	2.31	$T = 25.1$ Ba. = 760.0
					5	20.0	1'0173	19.3	1'0170	1'0157	1'016	2.31	
					10	18.0	1'0192	17.9	1'0191	1'0177	1'018	2.50	
					50	14.0	1'0280	18.7	1'0293	1'0286	1'029	3.81	
					500	14.0	1'0280	18.7	1'0293	1'0286	1'029	3.81	
40	30. Mai 7 <sup>h</sup> a. m.	$\lambda = 27^{\circ} 20' 30''$ $\varphi = 40^{\circ} 27' 40''$	47	50	0	19.5	1'0178	19.2	1'0181	1'0163	1'016	2.37	$T = 26.5$ Ba. = 759.9
					5	19.4	1'0182	18.8	1'0185	1'0167	1'017	2.42	
					10	17.0	1'0195	18.0	1'0199	1'0184	1'018	2.57	
					47 B.	15.0	1'0290	18.7	1'0293	1'0286	1'029	3.81	
					500	15.0	1'0290	18.7	1'0293	1'0286	1'029	3.81	
41	30. Mai 8 <sup>h</sup> 25" a. m.	$\lambda = 27^{\circ} 30' 10''$ $\varphi = 40^{\circ} 23' 40''$	44	50	0	19.5	1'0185	20.0	1'0190	1'0172	1'017	2.49	$T = 26.5$ Ba. = 759.9
					5	19.4	1'0188	20.2	1'0193	1'0175	1'018	2.53	
					10	10.0	1'0188	10.7	1'0192	1'0175	1'018	2.52	
					44 B.	13.4	1'0280	18.8	1'0289	1'0284	1'028	3.79	
					500	13.4	1'0280	18.8	1'0289	1'0284	1'028	3.79	
42	30. Mai 10 <sup>h</sup> 30" a. m.	$\lambda = 27^{\circ} 21' 21''$ $\varphi = 40^{\circ} 20' 40''$	45	50	0	19.5	1'0179	20.0	1'0180	1'0165	1'017	2.44	$T = 26.5$ Ba. = 759.9
					5	19.4	1'0181	21.0	1'0189	1'0171	1'017	2.48	
					10	18.0	1'0187	20.1	1'0192	1'0178	1'018	2.52	
					45 B.	15.0	1'0286	10.7	1'0291	1'0284	1'028	3.81	
					500	15.0	1'0286	10.7	1'0291	1'0284	1'028	3.81	
43	30. Mai 1 <sup>h</sup> p. m.	$\lambda = 27^{\circ} 4' 0''$ $\varphi = 40^{\circ} 14' 50''$	25	50	0	19.0	1'0177	20.0	1'0182	1'0165	1'017	2.38	$T = 28.3$ Ba. = 759.7
					5	18.0	1'0180	19.4	1'0184	1'0179	1'017	2.41	
					10	10.0	1'0191	18.3	1'0195	1'0180	1'019	2.55	
					25 B.	10.9	1'0215	17.3	1'0215	1'0216	1'022	2.82	
					500	10.9	1'0215	17.3	1'0215	1'0216	1'022	2.82	
44	30. Mai 2 <sup>h</sup> 30" p. m.	$\lambda = 26^{\circ} 48' 45''$ $\varphi = 40^{\circ} 25' 40''$	60	50	0	20.0	1'0170	20.2	1'0181	1'0162	1'016	2.37	$T = 28.4$ Ba. = 759.5
					5	19.8	1'0175	20.4	1'0181	1'0162	1'016	2.37	
					10	17.0	1'0188	18.3	1'0190	1'0178	1'018	2.49	
					60 B.	15.3	1'0193	20.2	1'0198	1'0190	1'019	2.59	
					500	15.3	1'0193	20.2	1'0198	1'0190	1'019	2.59	







Tabelle III.

Originalzahlen, erhalten bei den an Bord S. M. Schiffes »Taurus« ausgeführten Meerwasser-Analysen.

St. Nr.	Schöpf- tiefe in Metern — im klaren Ober- boden, L. = un- ter L.	Das dem Sauerstoff von 1000 Meer- wasserteile Jod vorzuziehen entw. 100, 250, 500, 1000, 2000 oder 7000 mm	Die im Meer- wasser enthaltene jodhaltige Sub- stanz nimmt aus 1000 KMO <sub>3</sub> -Lösung Sauer- stoff aus; und zwar von 1000 Meer- wasserteile 1000 KMO <sub>3</sub> -Lösung — 1000 oder 1000 O <sub>2</sub> bei 0° u. 7000 mm	Zur Neubildung von 1000 Meerwasserteile 1000 KMO <sub>3</sub> -Lösung, die zur Aus- treibung der (2000 g) Jod aus Koblenraum daraus waren 1000 Meer- wasserteile Salzsäurelösung — 1000 oder 1000 O <sub>2</sub> bei 0° u. 7000 mm	Das aus 1000 Meer- wasserteile mit 1000 ausgetriebene Ammoniak gas mit Neutraleisem Reagens ausgelassen wurde wie 1000 NH <sub>4</sub> Cl-Lsg. in gleicher Verdünnung — 1000 oder 1000 O <sub>2</sub> bei 0° u. 7000 mm	Zur Destill.-Reihe v. J. NH <sub>4</sub> Best. n. 1000 KMO <sub>3</sub> - Lsg. weiter destill. lieferte wegen Oxyd d. organ. Sub- stanz Ammoniak gas mit Neutraleisem Reagens ausgelassen wurde wie 1000 NH <sub>4</sub> Cl-Lsg. in gleicher Verdünnung — 1000 oder 1000 O <sub>2</sub> bei 0° u. 7000 mm
1	0	7.7	—	5.6	—	—
1	100	—	—	5.7	—	—
2	1000 L.	—	14.5	—	4.6	2.0
2	50	3.2	—	—	—	—
2	100	3.1	—	—	—	—
2	1000	3.2	—	1.1	—	—
2	0	7.25	—	—	—	—
3	200	9.1	—	—	—	—
3	30	5.1	—	—	—	—
3	5	7.5	—	—	—	—
4	50	4.9	—	4.85	—	—
9	100	—	—	4.7	—	—
9	1000 B.	—	3.9	1.7	0.70	0.15
12	10	—	2.7	—	0.68	0.5
11	400 B.	8.5	—	7.6	0.95	0.7
13	725 L.	—	12.5	—	0.5	1.0
16	100	11.8	—	4.7	—	—
17	50	3.0	—	—	—	—
17	200	5.1	—	—	—	—
17	500 B.	4.1	—	—	—	—
17	100	6.9	—	—	—	—
21	50	6.6	—	—	—	—
21	200	—	—	5.6	—	—
21	30	6.9	—	5.8	—	—
21	100 B.	4.5	—	4.2	—	—
22	0	—	4.7	5.4	0.23	0.7
22	1	—	—	5.5	—	—
22	10	—	—	5.4	—	—
22	100 B.	7.9	—	3.9	—	—
22	500 B.	2.7	—	4.55	—	—
22	50 B.	6.1	3.4	4.2	0.15	0.3
29	50	6.5	—	5.5	—	—
29	100	1.1	—	3.0	—	—
29	1000	6.1	—	3.3	0.15	0.3
29	1000 L.	—	12.0	4.2	0.1	0.5
30	10	3.2	—	4.35	—	—
30	100	1.8	—	4.7	—	—
30	50	1.8	—	—	—	—
30	500	7.5	—	—	—	—
30	1000	4.6	—	—	—	—
31	50	4.3	—	4.35	—	—
32	100	1.7	—	4.35	—	—
34	0	—	—	5.5	—	—
34	50	—	—	4.9	—	—
35	0	—	—	3.5	—	—
35	1	—	—	3.4	—	—
35	10	—	—	3.5	—	—
35	50	7.4	—	2.4	—	—
36	20	5.7	0.8	—	0.5	0.4
36	50	3.4	—	—	—	—
36	100 B.	1.7	—	4.0	—	—
36	50	3.3	—	—	—	—
36	100	1.3	—	4.15	—	—
40	17 B.	5.1	—	—	—	—
40	17 L.	—	10.0	—	0.1	0.1
41	44 B.	—	—	—	—	—
41	11 L.	—	—	—	—	—
41	11 B.	—	2.5	—	0.6	2.0
41	15 B.	—	—	—	—	—
41	15 L.	7.8	—	—	—	—
41	15 B.	—	14.1	—	1.1	3.0
41	50 B.	1.8	—	—	—	—
41	100 L.	—	20.0	—	1.6	2.0

Tabelle IV.

Stat. Nr.	Originalzahlen, erhalten bei den Bestimmungen der Mineralbestandtheile des Meerwassers											
	Schmelzprobe an Meeren, D. = knapp über Boden, L. = aus Loth	g Meerwasser (bei 0°Celsius im Pyknom. gewogen) geben g Ag Cl + Ag Br	g Meerwasser geben g BaSO <sub>4</sub>	Der Ag-Niederschlag von g Meerwasser verlor beim Erhitzen im Chlorstrom ... g an Gew.	g Meerwasser geben g CaO	g Meerwasser geben g Sulfat-Rückstand	g Meerwasser geben g Abkühlpfeifenrückstand (3 Stunden bei 175° getrocknet)					
1	10.0 L.	20 204	—	1'2505	108'4	0'3320	—	—	—	—	—	—
4	200	19 174	21 2	1'2845	—	—	—	—	757 7	0 1037	—	—
1	1000	27 074	23 2	1'2154	—	—	514 4	0 0407	—	—	51 735	1 4704
3	0	37'244	27'4	1'5817	107'5	0'4220	507'0	0'0001	—	—	—	—
23	400 B.	17 245	23'0	1'3107	—	—	308'0	0'0030	—	—	—	—
15	775 L.	20'260	—	1 0428	113 5	0 7013	—	—	—	—	10'427	1 2050
16	0	27 213	27 4	1 3205	114 0	0 4275	512 9	0 0431	—	—	—	—
15	100	17'608	20 0	1 2130	—	—	514 0	0 0000	258 0	0 1051	—	—
22	240 B.	18'636	23'6	1 2448	—	—	—	—	—	—	17'012	2 3524
23	1050 B.	17 510	24'4	1 8200	—	—	388'7	0 0220	—	—	—	—
28 a.	50 B.	17'100	25'1	1 3473	102 0	0 7141	518 8	0 0221	—	—	—	—
29	1280 L.	27 003	26 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	1250 L.	18 347	—	1 0000	157 3	0 3790	—	—	—	—	17'608	1 6234
39	1000	17'221	24'1	1 6002	—	—	507'0	0 0123	255 1	0 1048	—	—
40	47 L.	20'230	—	1 2201	111 7	0 5111	—	—	—	—	40'202	1 2022
41	44 B.	17 036	21'2	1 2120	—	—	374 4	0 0107	—	—	50 076	1 3300
41	44 L.	20 324	—	1 3350	102'1	0 5769	—	—	—	—	40'693	1 1551
13	25 B.	10'274	—	1 0000	—	—	510 4	0 0449	—	—	—	—
43	65 L.	23'220	—	1 2764	114 0	0 5088	—	—	—	—	40 518	1 1000
44	0	27 745	24 3	1 0501	—	—	302 2	0 01010	—	—	—	—
44	60 B.	20'470	—	1 1833	—	—	510 0	0 0238	—	—	—	—
44	50 L.	17'443	25 8	1 0186	122'0	0 5633	—	—	—	—	39'975	1 1100

Tabelle V.  
Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf. Cl = 100.

Stat. Nr.	Schöpfstelle in Metern, B = knapp über Boden, L = aus Loth	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Br	Ca	Sulfat-Rückstand	Gesamtcaiz		Differenz a-b abzüglich durch wachsende Menge organischer Substanzen!
							a = Abdampfung-Rückstand bei 175°	b = berechnet aus 99,0 Gew. wohniglich nach Polymetere-wägung)	
1	1000 L	13 840	—	—	—	247 569	—	180 966	—
2	500	—	—	—	1 148	—	472 791	421 948	2 411
3	0	11 737	—	0 125	—	190 772	168 466	180 87	4 886
3	0	11 737	—	0 129	—	—	477 705	16 750	5 149
13	400 B	—	0 682	—	—	—	477 980	180 89	8 329
13	775 L	11 935	—	0 122	—	—	168 912	168 99	—
15	0	12 944	—	—	—	—	470 111	180 90	0 030
15	100	—	0 287	—	2 151	—	460 000	181 11	8 593
20	949 B	—	—	—	—	283 886	101 112	181 11	9 026
23	1090 B	—	—	0 209	—	—	101 043	180 12	10 884
23a	50 B	13 892	0 180	0 005	—	—	151 308	180 20	11 004
24	1450 L	12 500	0 262	—	—	0 1 500	—	180 17	—
27	1000	—	—	0 116	0 300	—	183 207	190 79	8 812
40	47 L	11 089	—	—	—	217 204	—	180 03	—
41	41 B	—	—	0 377	—	—	100 021	180 48	1 147
41	44 L	12 998	—	—	—	217 155	—	179 12	—
43	25 L	—	—	0 145	—	—	—	180 74	—
41	45 L	12 999	—	—	—	217 359	—	180 88	—
44	0	—	—	0 119	—	—	188 671	170 21	0 474
44	00 B	—	—	0 148	—	—	—	180 16	—
44	60 L	12 967	—	—	—	217 127	—	179 58	—

Tabelle VI.  
Mineralbestandtheile des Meerwassers, bezogen auf: Abdampfung-Rückstand (bei 175° C.) = 100.

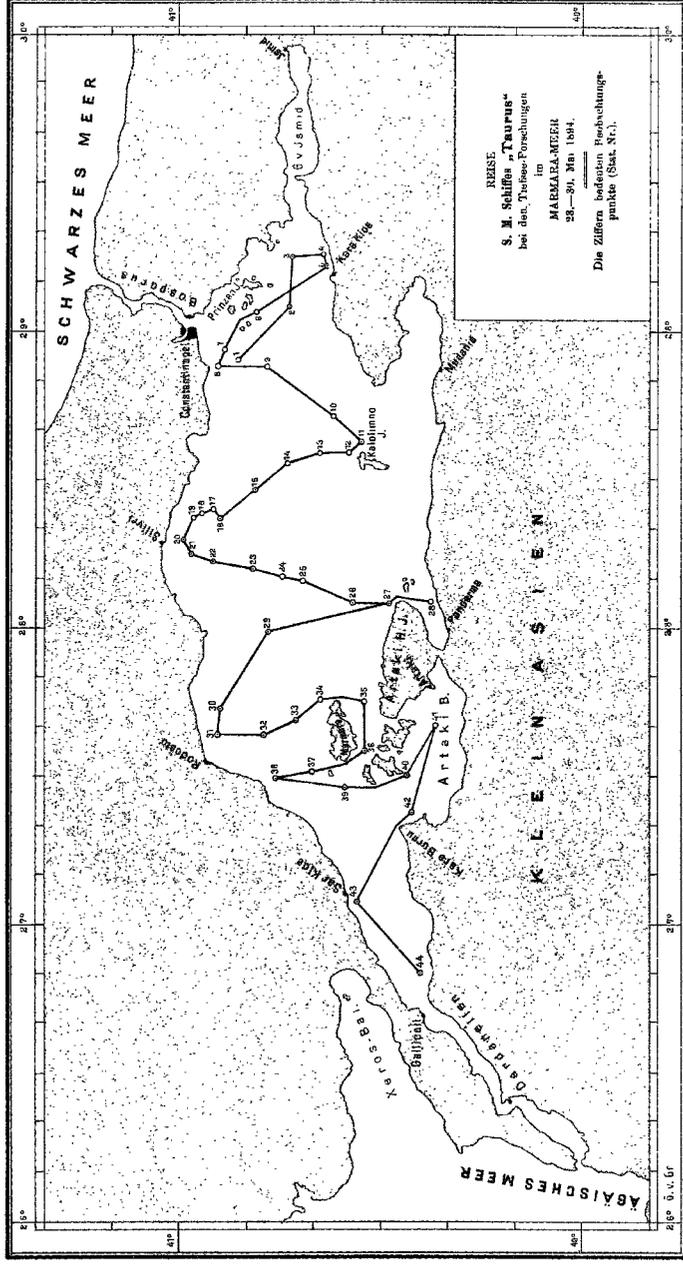
Stat.-Nr.	Schöpfstelle in Metern, B = knapp über Boden, L = aus Loth	Cl	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Br	Ca	Sulfat-Rückstand
1	500	52 917	—	—	—	1 138	—
2	0 70	52 810	—	—	0 175	—	141 709
3	0	53 547	2 402	—	0 151	—	—
13	400 B	50 930	—	1 914	0 121	—	—
15	0	50 765	7 355	—	0 177	—	—
15	100	52 529	—	0 177	0 121	1 134	—
20	249 B	51 320	—	—	—	—	112 475
23	1090 B	55 145	—	—	0 150	—	—
23a	50 B	50 217	7 212	0 102	1 097	—	—
32	300	52 002	—	—	0 165	1 094	—
41	41 B	50 824	—	—	0 142	—	114 473
44	0	52 001	—	—	0 188	—	—



Tabelle VI./2.

Mineralbestandteile des Moorwassers, bezogen auf 100 spec. Gew. (nach Aräometerangabe) berechnetes Gesamtsalz c = 100.

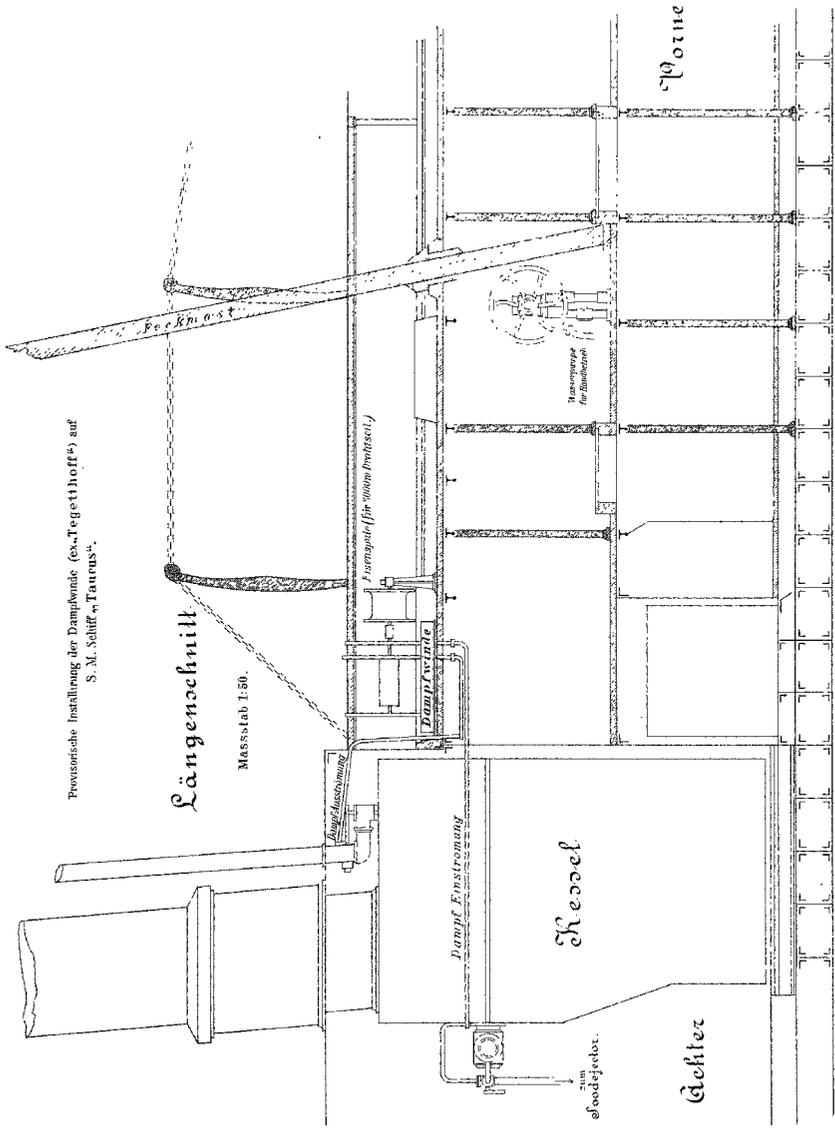
Stat. Nr.	Schneefiefe in Metern Brennknapp über Boden, L. m. 4000 L. m.	Cl	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	Bi	Ca	Sulfat-Rückstand	CO <sub>2</sub> = ganz gebundene Kohlensäure	Hypothetisches CaCO <sub>3</sub>
1	0	---	---	0.415	---	---	---	0.864	0.192
1	500	---	---	0.215	---	---	---	0.157	0.255
4	1000 B	14.150	7.151	---	---	---	120.221	---	---
4	500	55.310	---	---	---	11.874	---	---	---
7	104.0	55.579	---	0.409	0.150	---	210.421	0.150	0.242
1	0	55.797	7.795	---	0.132	---	---	---	---
5	50	---	---	0.199	---	---	---	0.145	0.437
9	100	---	---	0.399	---	---	---	0.244	0.324
9	1225 B.	---	---	0.305	---	---	---	0.155	0.264
13	100 B.	50.340	---	0.185	0.142	---	---	0.284	0.540
13	775 L.	55.284	7.791	---	---	---	119.390	---	---
16	0	55.276	7.789	---	0.187	---	---	---	---
19	100	55.514	---	0.180	---	1.489	---	0.437	0.370
23	243 B.	55.740	---	---	---	---	119.375	---	---
24	100 B.	54.081	---	---	0.154	---	---	---	---
25	300	---	---	0.177	---	---	---	0.279	0.531
26	50	---	---	0.171	---	---	---	0.210	0.428
27 A	50	---	---	0.197	---	---	---	0.144	0.389
27 b	0	---	---	0.190	---	---	---	0.207	0.505
27 h	5	---	---	0.145	---	---	---	0.254	0.557
27 b	15	---	---	0.191	---	---	---	0.261	0.470
27 b	49 B.	---	---	0.177	---	---	---	0.232	0.509
28 a	100 B.	57.003	7.727	0.217	0.112	---	---	0.147	0.336
28 b	100 B.	---	---	0.200	---	---	---	0.160	0.350
29	57	---	---	0.190	---	---	---	0.250	0.550
30	500	---	---	0.142	---	---	---	0.179	0.404
30	1000	---	---	0.170	---	---	---	0.200	0.343
30	1100 L.	17.411	7.730	0.200	---	---	1.1001	0.145	0.155
30	50	---	---	0.197	---	---	---	0.144	0.509
20	500	---	---	0.164	---	---	---	0.147	0.270
12	1000	---	---	---	0.198	1.323	---	---	---
13	50	---	---	0.169	---	---	---	0.145	0.510
33	500	---	---	0.160	---	---	---	0.145	0.510
34	0	---	---	0.192	---	---	---	0.192	0.519
34	25	---	---	0.167	---	---	---	0.143	0.428
35	0	---	---	0.195	---	---	---	0.170	0.404
35	5	---	---	0.164	---	---	---	0.157	0.515
35	10	---	---	0.205	---	---	---	0.073	0.505
35	50	---	---	0.197	---	---	---	0.047	0.545
37	500 L.	---	---	0.166	---	---	---	0.147	0.406
37	500	---	---	0.165	---	---	---	0.147	0.325
40	47 L.	55.790	7.704	---	---	---	100.193	---	---
41	44 B.	55.215	---	---	0.121	---	120.470	---	---
41	11 L.	55.774	7.777	---	---	---	14.012	---	---
43	12 B.	55.709	---	---	0.190	---	---	---	---
43	75 L.	55.485	7.745	---	---	---	130.155	---	---
44	0	55.500	---	---	0.170	---	---	---	---
44	60 B.	55.509	---	---	0.163	---	---	---	---
45	70 L.	55.603	7.716	---	---	---	130.944	---	---



Denkschriften d. kais. Akad. d. Wiss. math. naturw. Classe Bd. LXII.

179-1827 v. J. BACH, VI. WIRN

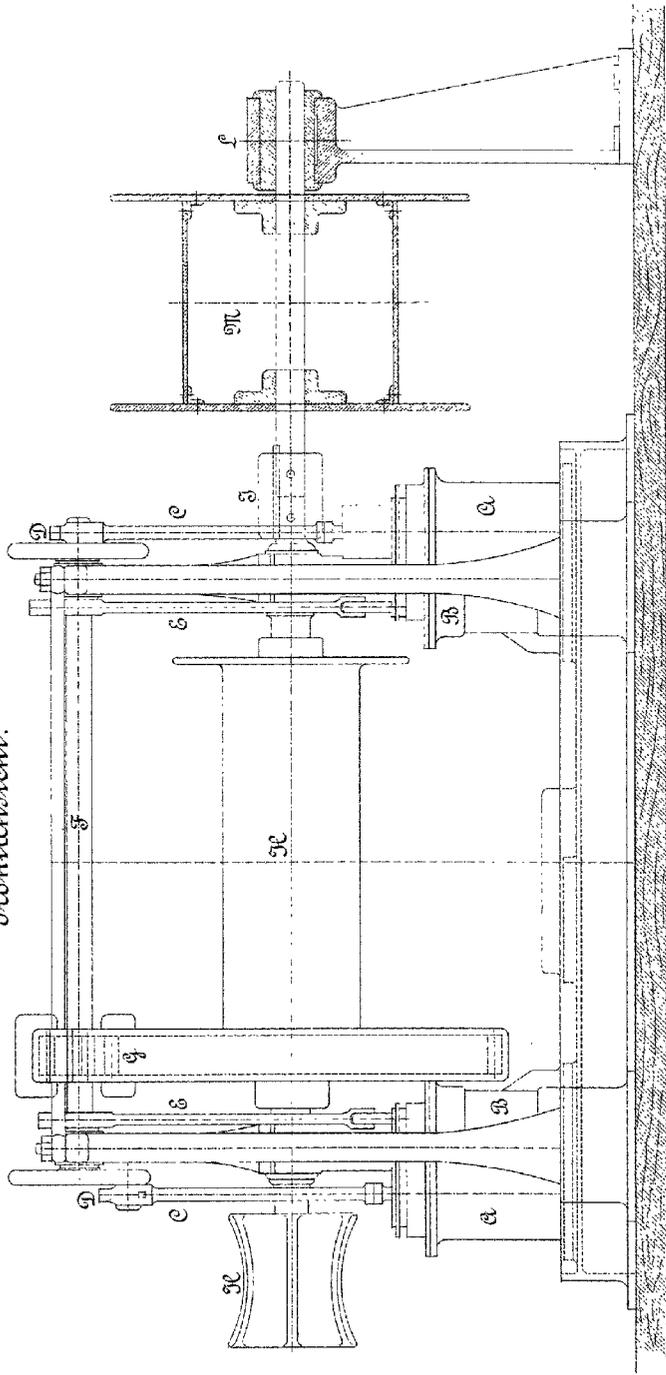




Provisorische Installation der Dampfmaschine (ex. Tegetthoff's) auf S. M. Schiffe „Taurus“.



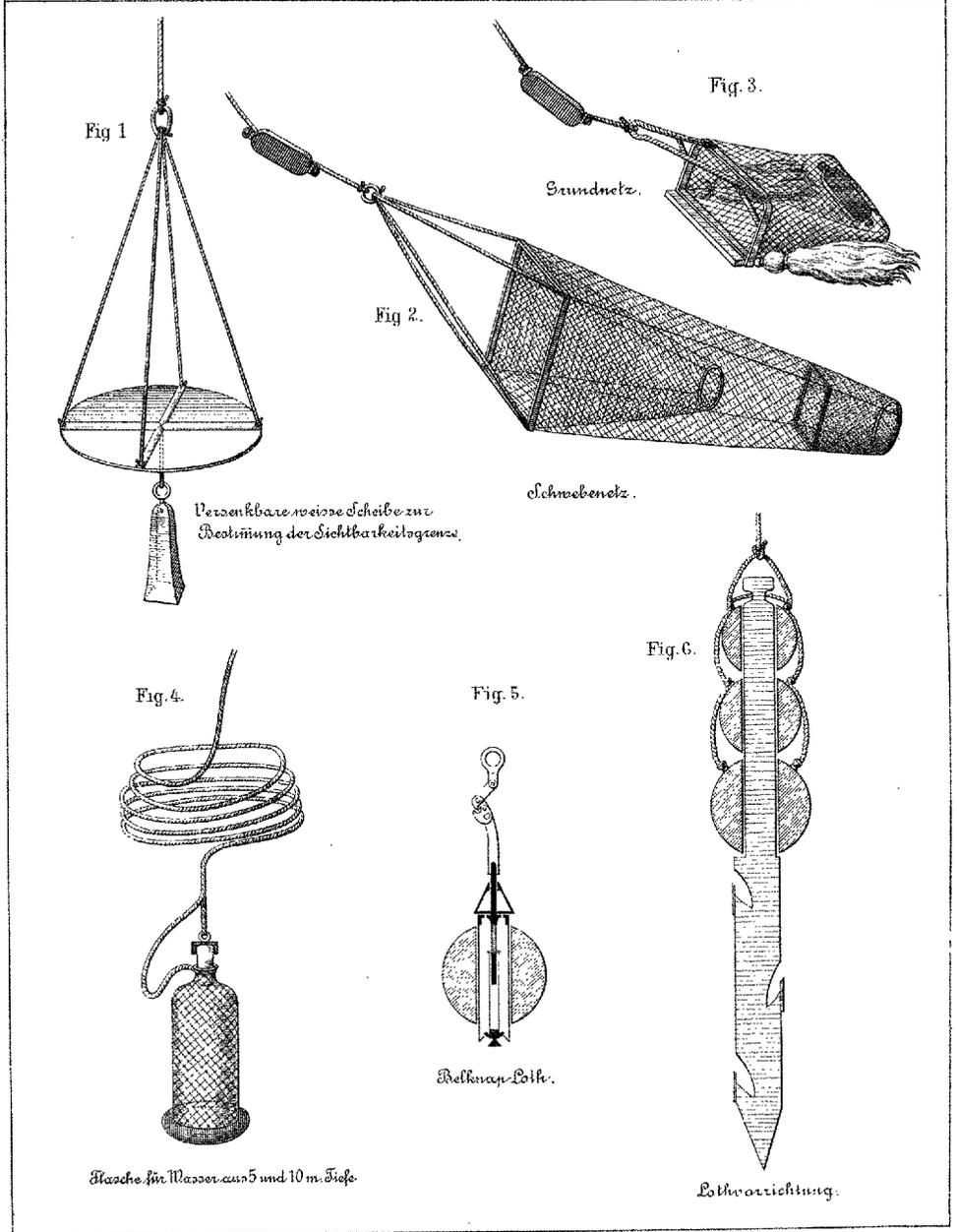
Frontansicht.



DAMPFWINDE MIT KABELTROMMEL.

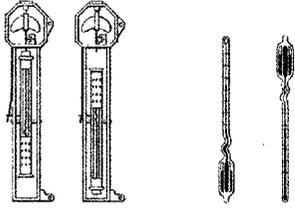
- A Pumpenhandl.
- B Schieber.
- C Pleuelstange.
- D Pleuelstangebo.
- E Pleuelstangebo.
- F Pleuelstangebo.
- G Pleuelstangebo.
- H Pleuelstangebo.
- I Pleuelstangebo.
- J Pleuelstangebo.
- K Pleuelstangebo.
- L Pleuelstangebo.
- M Pleuelstangebo.
- N Pleuelstangebo.
- O Pleuelstangebo.
- P Pleuelstangebo.
- Q Pleuelstangebo.
- R Pleuelstangebo.
- S Pleuelstangebo.
- T Pleuelstangebo.
- U Pleuelstangebo.
- V Pleuelstangebo.
- W Pleuelstangebo.
- X Pleuelstangebo.
- Y Pleuelstangebo.
- Z Pleuelstangebo.
- a Pleuelstangebo.
- b Pleuelstangebo.
- c Pleuelstangebo.
- d Pleuelstangebo.
- e Pleuelstangebo.
- f Pleuelstangebo.
- g Pleuelstangebo.
- h Pleuelstangebo.
- i Pleuelstangebo.





LITH. ANST. v. J. BARTH, VI. WIEN.

Fig. 1.



Tiefsee-Barometer von Negretti und Zambra.

Fig. 2. a.

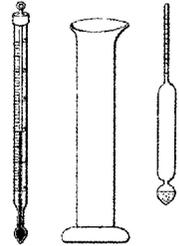


Fig. 2. b.



J. G. Meyer'scher Schöpfapparat.  
 a: Für Zwischentiefen (Anschloßung des Mantel-  
 schotes mittelst Fallgewichtes).  
 b: Für den Grund (automatische Anschloßung des  
 Mantelchoties).

Fig. 4.



Für Bestimm. des spec. Gew. der Mercuraussetzproben.

Fig. 3.



Eligotze'scher Schöpfapparat

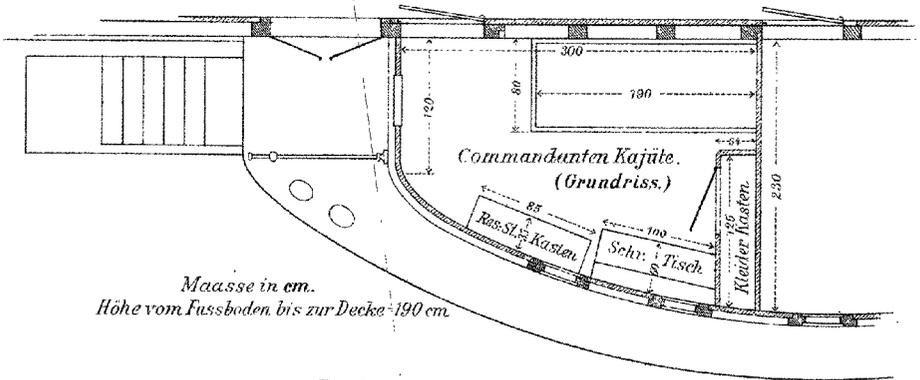
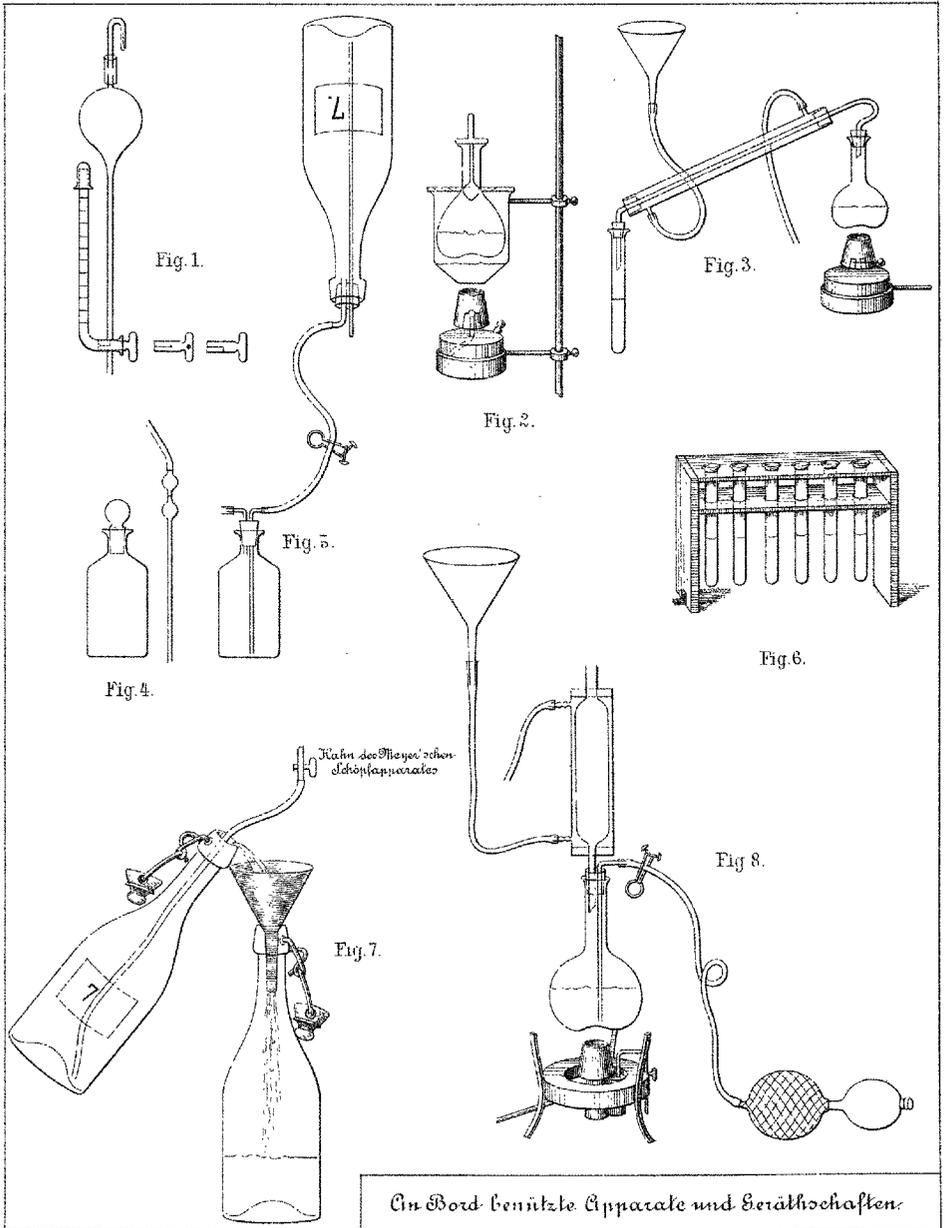
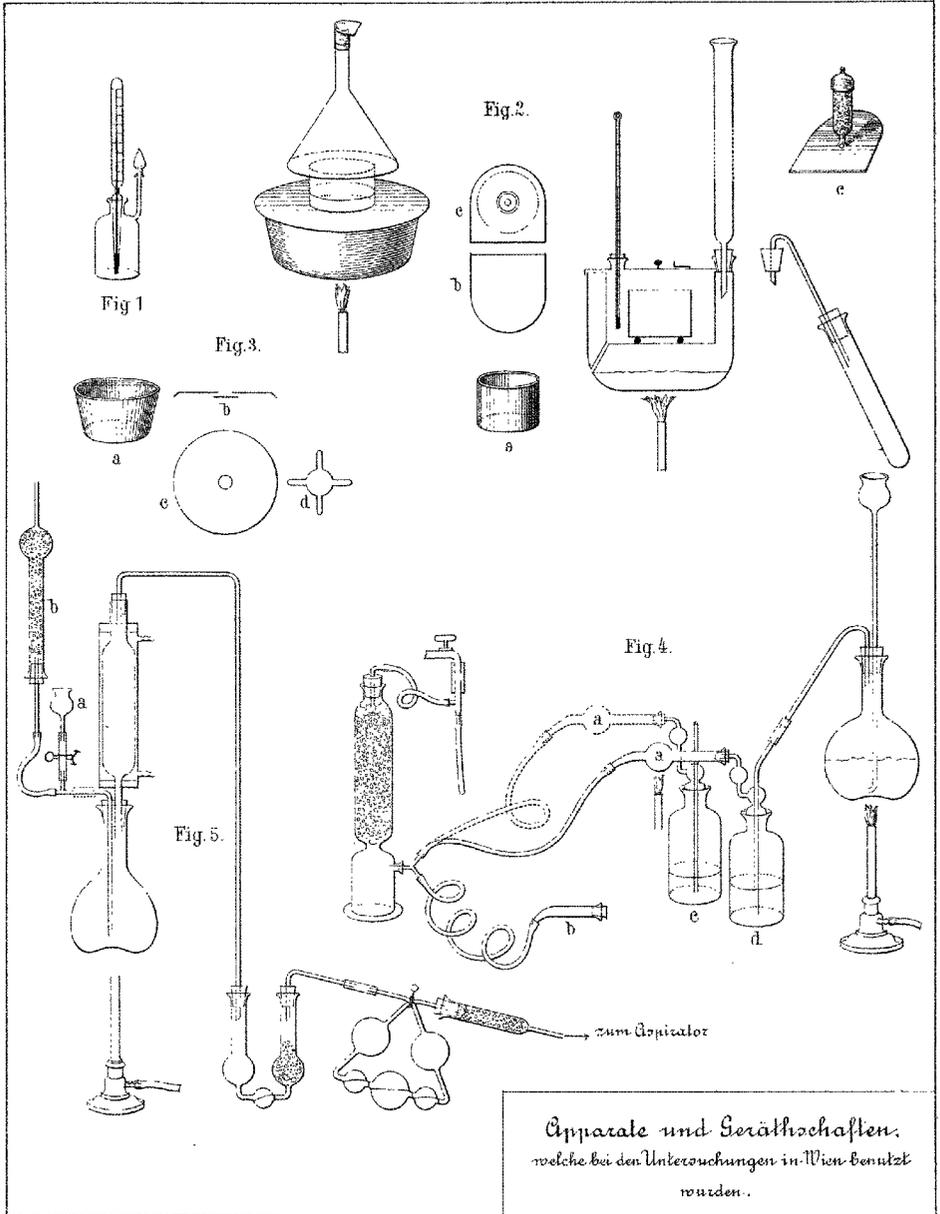


Fig. 5.

Raum für das chemische Laboratorium.



LITH. ANST. v. J. BARTH, VI. WIEN



LITH. ANST. V. J. BARTH, VI. WIEN.